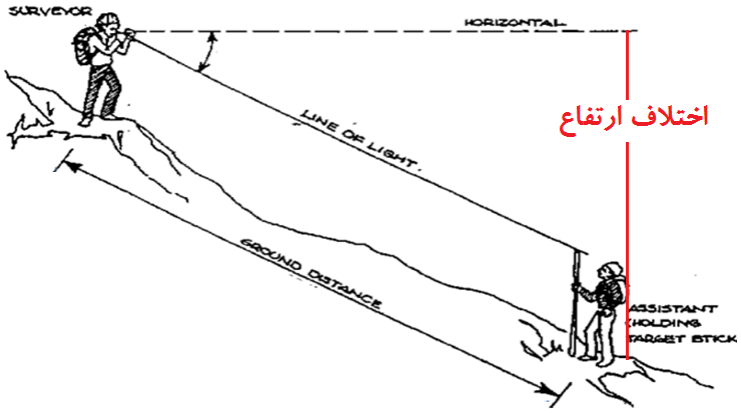
نقشه برداری مهندسی

دکتر صالح عبدالهی

دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان

فهرست مطالب



9) ترازیابی

- ✓ تعاریف و اصطلاحات
- ✓ روشهای ترازیابی
- ✓ اصول ترازیابی مستقیم
- ✓ دستگاه ترازیاب (نیو)
- ✓ روشهای ترازیابی مستقیم
- ✓ بررسی خطاها در ترازیابی مستقیم
- ✓ روشهای کنترل در عملیات ترازیابی
- ✓ روشهای تصحیح خطاها

ترازیابی

Leveling, Nivellement

تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به هم

هدف از ترازیابی:

عمل ترازیابی در پروژه های عمرانی ، تسطیح ، آبرسانی و کشاورزی و سایر رشته ها کاربرد فراوانی دارد و به منظور های متفاوتی انجام می شود .از جمله :

یافتن شکل طبیعی زمین از نظر پستی و بلندی؛یافتن شیب یک امتداد یا یک سطح ؛کنترل افقی بودن سطوح ؛ یافتن شکل مقاطع قائم (پروفیلها) و محاسبه حجم عملیات خاکی.

❑ یادآوری:

❖ سطح تراز : سطحی است که در تمام نقاط بر امتداد نیروی ثقل عمود باشد. کلیه خطوط روی این سطح خطوط همتراز میباشند.

❖ سطح ژئوئید : سطح ترازیست منطبق بر سطح متوسط آب دریاهای آزاد.

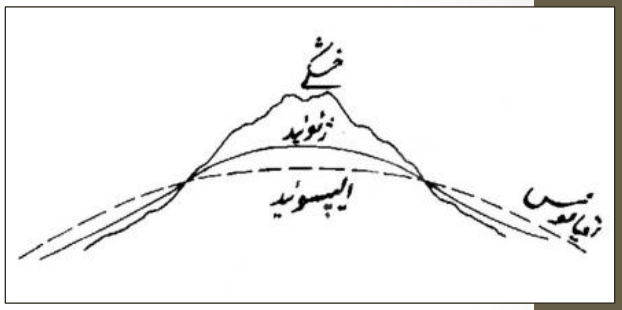
❖ صفحه افقی : صفحه ایست که در یک نقطه بر سطح تراز مماس باشد.

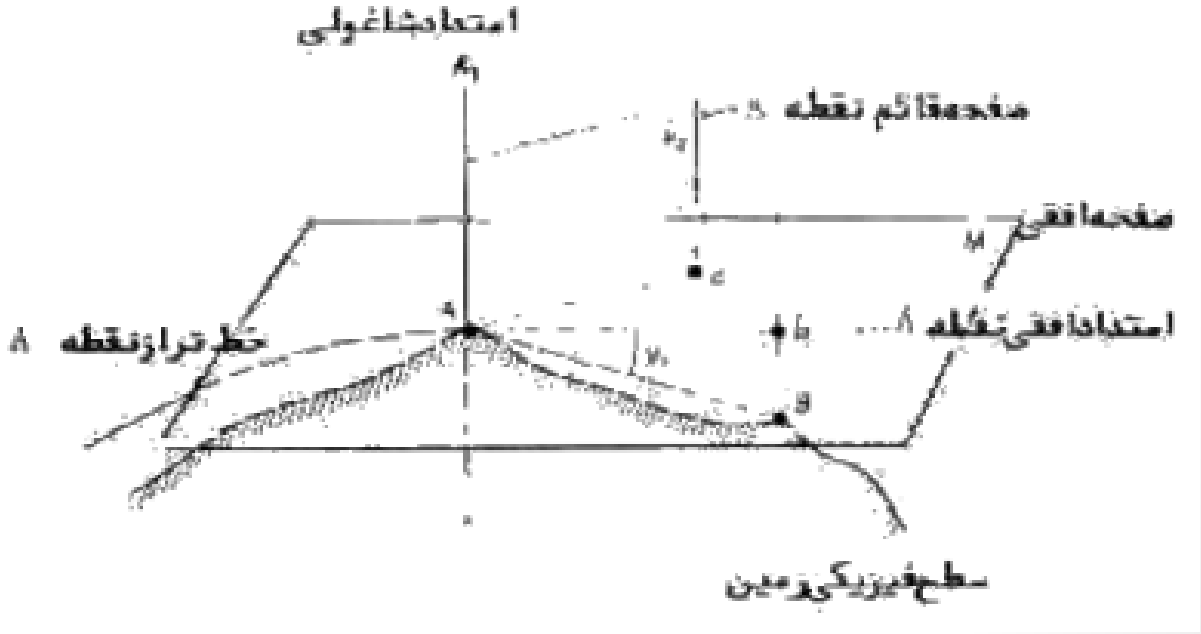
❖ صفحه قائم : صفحه ایست که از امتداد شاقولی هر نقطه بگذرد.

❖ سطح مبنا : سطح ترازیست که ارتفاع هر نقطه نسبت به سطح آن سنجیده میشود.

یادآوری:

سطح فیزیکی زمین
سطح تراز نقطه A
سطح متوسط آب دریاها
ژئوئید
امتداد شاقولی عوارض


فیزیکی
ژئوئید
الیپسوئید


امتداد شاغولی
صفحه قائم نقطه B
صفحه افقی
امتداد افقی نقطه B
خط تراز نقطه A
سطح فیزیکی زمین

❑ یادآوری:

❖ ارتفاع نقطه : فاصله قائم نقطه نسبت به سطح مبنا را ارتفاع می گویند.

به این ارتفاع ارتفاع مطلق گویند.نقاطی از سطح ژئوئید بلندتر است دارای ارتفاع مثبت و نقاطی که از ژئوئید پست ترانـد دارای ارتفاعی منفی می باشند. مثلاً ارتفاع قله دماوند ۵۶۱۰ متر است و ارتفاع متوسط دریای خزر ۲۸- متر از سطح ژئوئید است.

❖ ارتفاع دستگاه : فاصله قائم بین سطحی که از تار رتیکول وسط دستگاه می گذرد تا سطح مقایسه (با ارتفاع دستگاه از سطح زمین اشتباه نشود)

❖ نقاط ترازیابی : نقاطی که شاخص روی آنها گذاشته می شود و توسط دستگاه ارتفاع آن مشخص می شود.

❑ یادآوری:

❖ بنچ مارک : نقاط ثابتی هستند که ارتفاع آنها برای نقشه بردار معلوم است.

برای بدست آوردن ارتفاع مطلق نقاط باید ارتفاع آنها را نسبت به سطح دریا های آزاد بدست آوریم از آنجا که انتقال ارتفاع از سطح دریاهای آزاد تا محل کار نقشه برداری کار بسیار مشکل و پر هزینه ای است .از این رو سازمانهای مسئول نقشه برداری در هر کشور تعدادی نقطه را بصورت نقاط مبنا بدست می آورند تا مورد استفاده نقشه برداران قرار بگیرد به این نقاط بنچ مارک BM می گویند.

- **بنچ مارک ژئودزی : (GTS.BM) : توسط عملیات دقیق ژئودزی در سطح کشور تعیین و گسترش یافته است.**
- **بنچ مارک دائمی: (P.BM) : تعیین ارتفاع از روی بنچ مارک ژئودزی مورد استفاده در سیستم مملکتی**
- **بنچ مارک اختیاری: (A.BM) : ارتفاع آن ها اختیاری می باشد. برای تهیه نقشه منطقه کوچک**

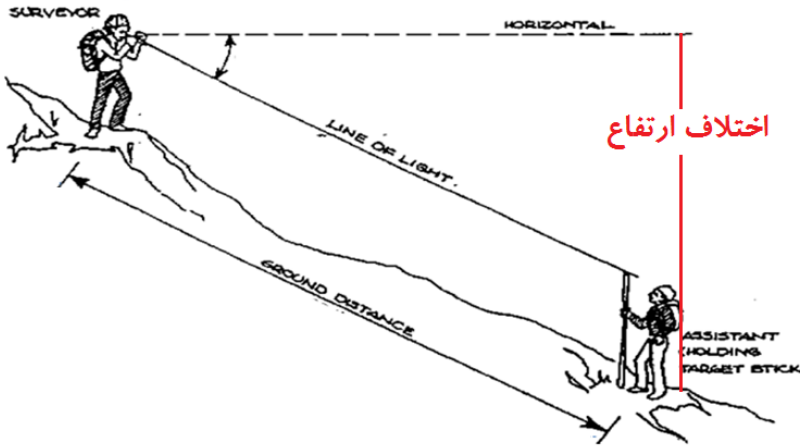
❑ انواع ترازیابی:

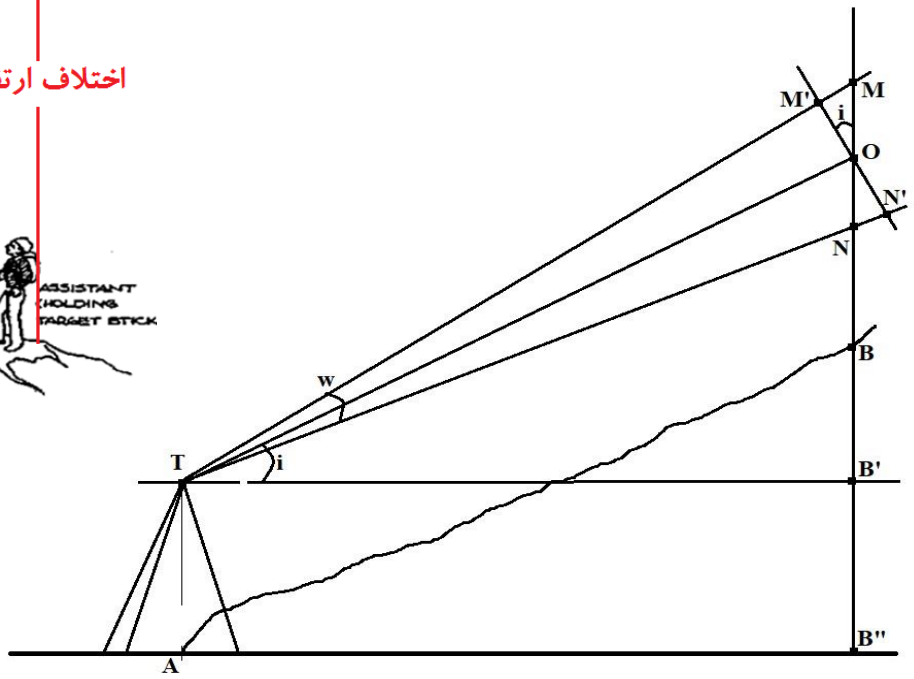
تقسیم بندی ترازیابی بنا به دقت مورد نظر و سرعت لازم :

1) ترازیابی با فشار سنجی (بارومتریک)

2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی)

3) ترازیابی مستقیم (هندسی)





❑ انواع ترازیابی:

1) ترازیابی بارومتریک یا فشار سنجی :

- آلتیمتری نیز میگویند. در مواقعی که سرعت عمل زیاد و دقت کم مورد نظر باشد از این روش استفاده میشود.
- اساس این روش بر پایه پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه مانند A و B از روی فشار هوا و درجه حرارت و میزان رطوبت موجود در دو نقطه استوار است.
- با توجه به اینکه فشار هوا در ارتفاعات مختلف متفاوت است، با اندازه گیری فشار هوا، اختلاف ارتفاع را می توان محاسبه نمود.

$$H_2 - H_1 = \Delta h = C(1+\alpha.t).Log\frac{p_1}{p_2}$$

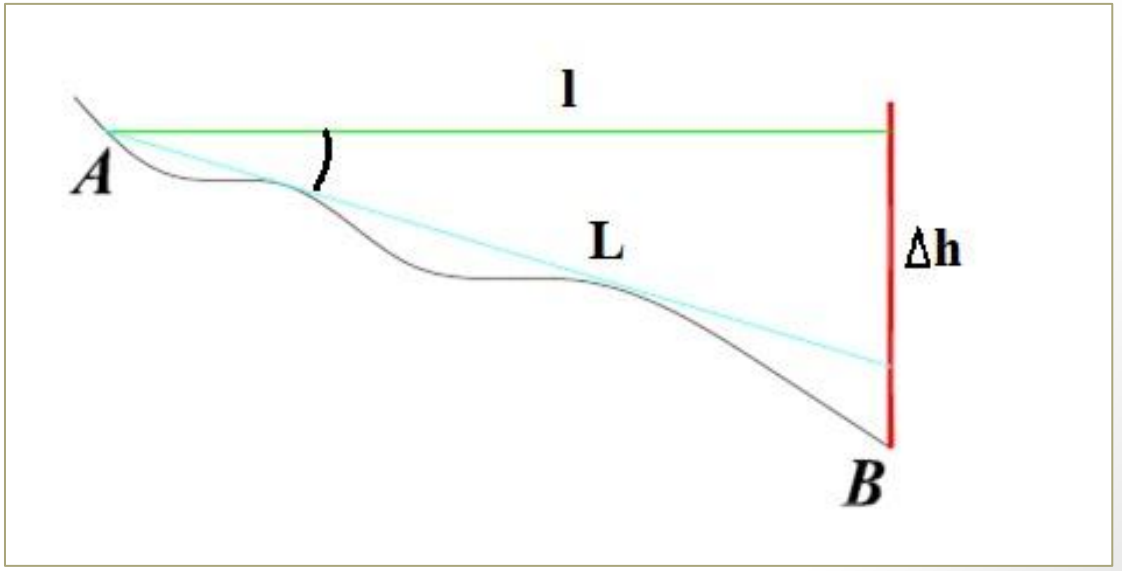
- C : ضریبی که در سیستم متریک برابر ۱۸۴۰۰ می باشد. C
- t : میانگین درجه حرارت دو محیط p_i
- p : فشار نقطه H_i
- H : ارتفاع نقطه $t = \frac{t_A + t_B}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \alpha = \frac{1}{273}$

❑ انواع ترازیابی:

2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی):

- اصول این روش مشابه مطالب ارائه شده در بخش اندازه گیری فاصله به روش غیرمستقیم می باشد.
- بطور کلی از روابط مثلثاتی استفاده می شود.
- دقت این روش ها از روش بارومتریک بیشتر است.

$$\Delta h_{AB} = L \sin\alpha$$



❑ انواع ترازیابی:

2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی):

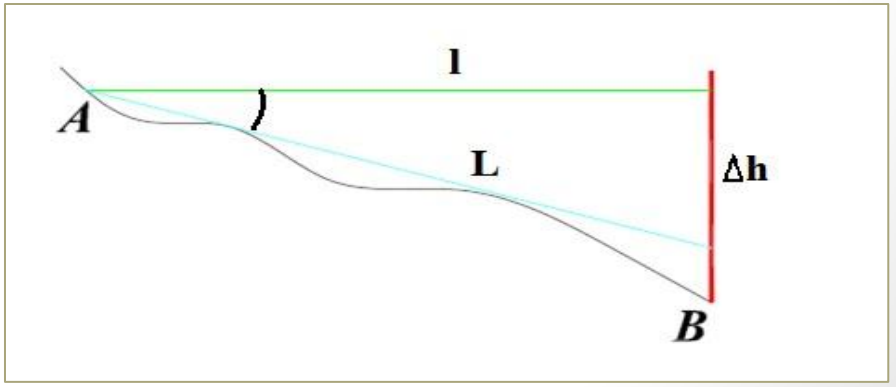
اصول این ترازیابی در قسمت اندازه گیری فاصله به طریق غیر مستقیم یا استادیمتری گفته شده است.

به کمک دوربینهای تئودولیت و سیستم تلسکوپی با قرائت زاویه قائم می توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را محاسبه کرد. این روش برای زمینهای شیبدار و جهت انجام تاکئومتری استفاده می گردد. نقشه های توپوگرافی از این روش تهیه می گردند.

مثال : اگر طول مایل بین دو نقطه ۱۴/۷۸ متر باشد و زاویه شیب α = ۱۳/۵ درجه باشد اختلاف ارتفاع دو نقطه a وb برابر است با

$$\Delta H_{AB} = ۱۴/۷۸ \times \text{Sin}۱۳/۵ = ۳/۴۵$$

$$\Delta h_{AB} = L \sin\alpha$$



❑ انواع ترازیابی:

2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی):

❖ پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

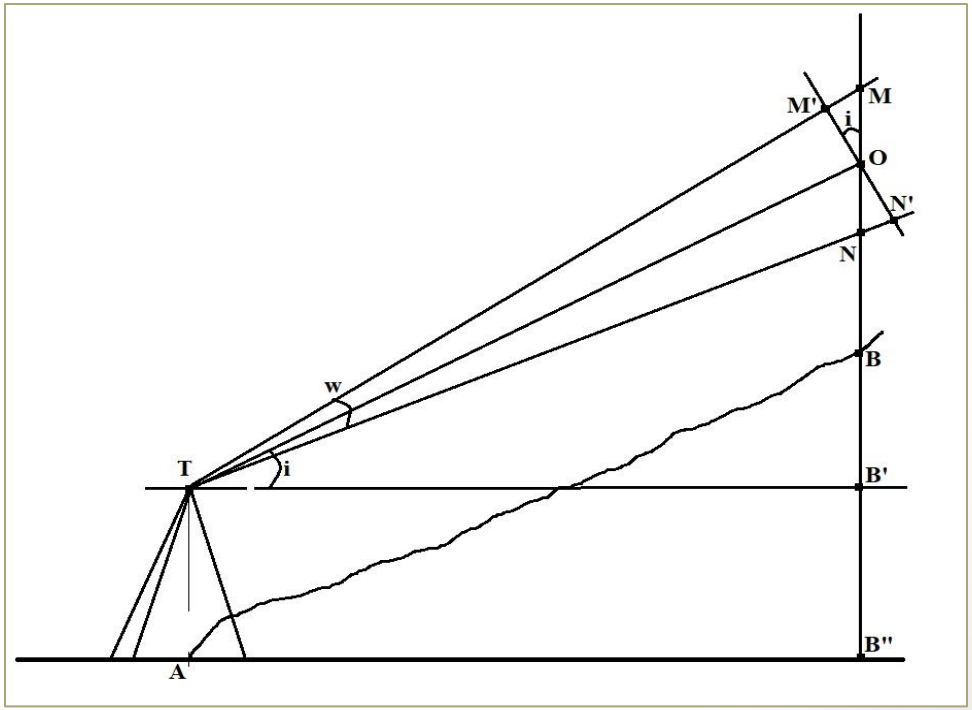
- با توجه به شکل می توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B را محاسبه نمود.

$$\Delta h_{AB} = BB'' = OB' + B'B'' - OB$$

$$OB' = TO.\sin i = (K.MN.\cos l + C)\sin i$$

$$OB' = K.MN.\sin i \cos l + C.\sin i$$

$$B'B'' = TA = h_i$$



❑ انواع ترازیابی:

2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی):

❖ پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

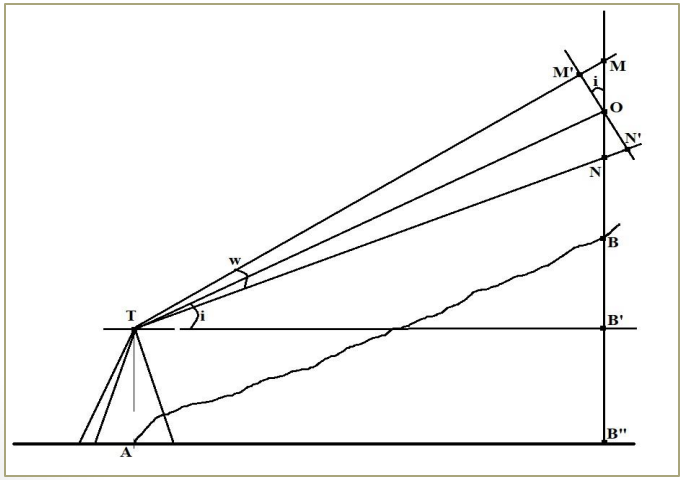
ارتفاع دستگاه از نقطه A می باشدکه می توان آن را با یک متر معمولی اندازه گرفته شود.

که قرائت تار وسط یا ارتفاع علامت می گویند $OB = h_s$

بنابراین $\Delta h_{AB} = K.MN.Sini\ Cosi + C\ Sini + h_i - h_s$

اگر دوربین آنالاکتیک باشد: $\Delta h_{AB} = K.MN.Sini\ Cosi + h_i - h_s$

اگر تار وسط روی میر به اندازه ارتفاع دوربین بسته شود: $\Delta h_{AB} = 1/2\ K.MN.Sin2i$

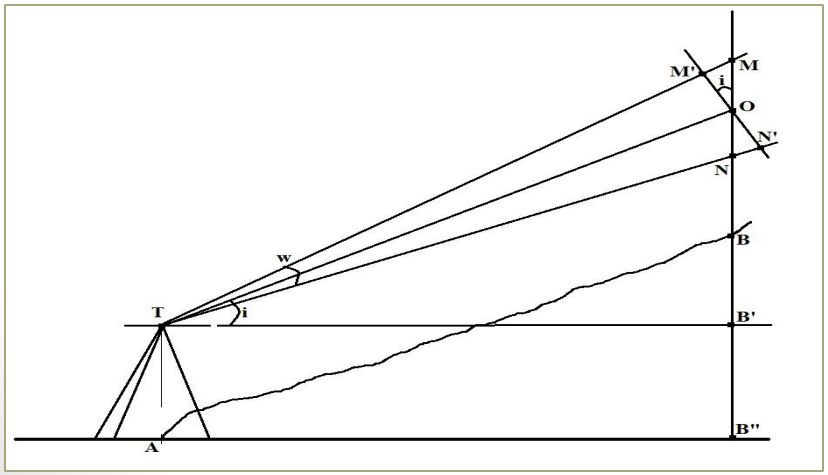


❑ انواع ترازیابی:

2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی):

❖ پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

- در نتیجه برای راحتی محاسبات مربوط به روش استادیمتری می توان به هنگام عملیات نقشه برداری اعمال زیر را انجام داد:
- تار وسط را برابر ارتفاع دستگاه قرار داد ($h_i - h_s = 0$)
- در زمین های کم شیب می توان i را برابر ۰ قرار داد ($Sini\ Cosi = 0$ و $Cos^2i = 1$)
- تار پایین را روی عدد ثابتی (مانند ۱۰۰۰ میلیمتر) قرار داد، در نتیجه تفاضل تار بالا و پایین براحتی انجام می گیرد و پر کردن جداول تاکیومتری در سر زمین راحت تر و کنترل عملیات صحرایی نیز آسان تر می شود.



❑ انواع ترازیابی:

2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی):

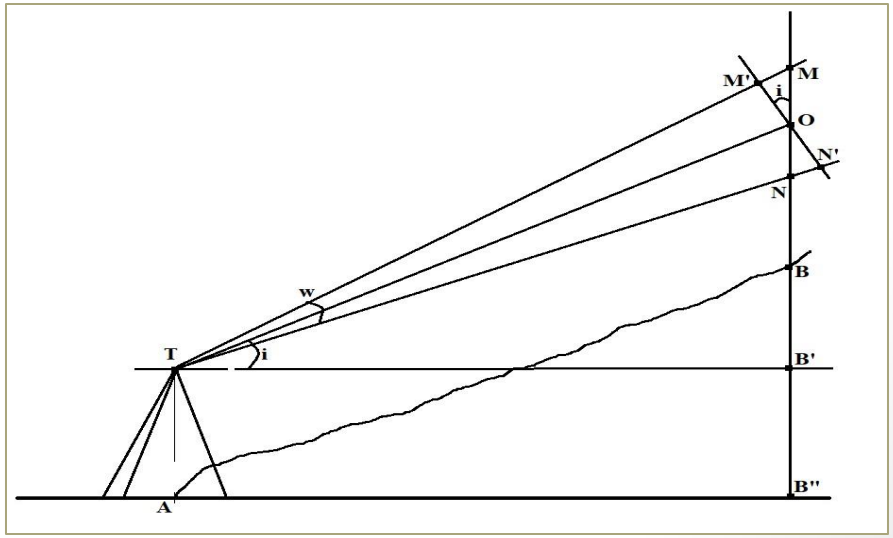
❖ پیدا کردن اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری

مثال :

مطلوب است اختلاف ارتفاع دو نقطه A وB در صورتیکه تار بالا ۱۶۵۰ تار پایین ۱۴۰۰و تار وسط ۱۵۲۵ و زاویه قائم ۸ درجه باشد و ارتفاع دستگاه در نقطه A برابر ۱,۶ باشد .

$$\Delta H = 1/60 - 1/525 + \frac{1}{2} \times 100 \times \frac{1650 - 1400}{1000} \times Sin(16) = 3/520m$$

$$\Delta h_{AB} = 1/2 \; K.MN.Sin2i$$



❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

ترازیابی هندسی از دیرباز با وسایل ساده و ابتدایی انجام می شده و امروزه نیز از وسایل ابتدایی در کارهای کم دقت یا معمولی ساختمانی استفاده می شود.

1) ترازیابی بدون دوربین و بدون شاخص

الف) ترازیابی توسط شیلنگ تراز

ب) ترازیابی با شاقول

2) ترازیابی بدون دوربین با شاخص

الف) ترازیابی بوسیله شمشه و تراز بنایی

ب) ترازیابی بوسیله شیب سنج

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

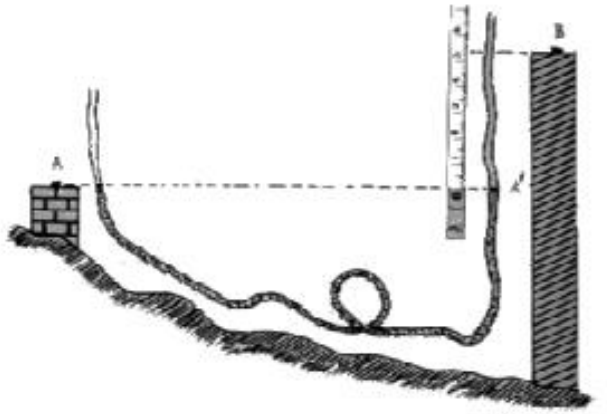
❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

1) ترازیابی بدون دوربین و بدون شاخص

الف) ترازیابی با شیلنگ تراز

دربسیاری از کارهای ساختمانی کوچک که نیاز به هم ارتفاع بودن یا اندازه گرفتن اختلاف ارتفاع داشته باشیم از یک شیلنگ پلاستیکی شفاف مدرج استفاده می گردد.



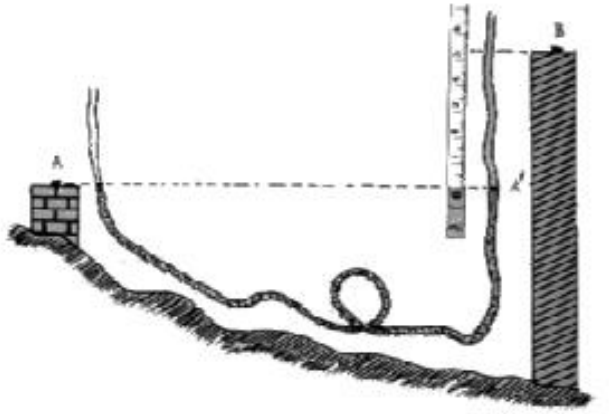
اندازه گیری اختلاف ارتفاع

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

1) ترازیابی بدون دوربین و بدون شاخص (شیلنگ تراز)

روش کار : برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه A وB ابتدا شیلنگ را پر از آب کرده و دقت می کنیم که حباب هوا در داخل شیلنگ نباشد سپس دو سر شیلنگ تراز را که هرکدام دارای یک لوله مدرج می باشد روی نقاط A وB قرار می دهیم و ارتفاع آب را در هر کدام از لوله ها یادداشت می کنیم و از یکدیگر کم می کنیم .



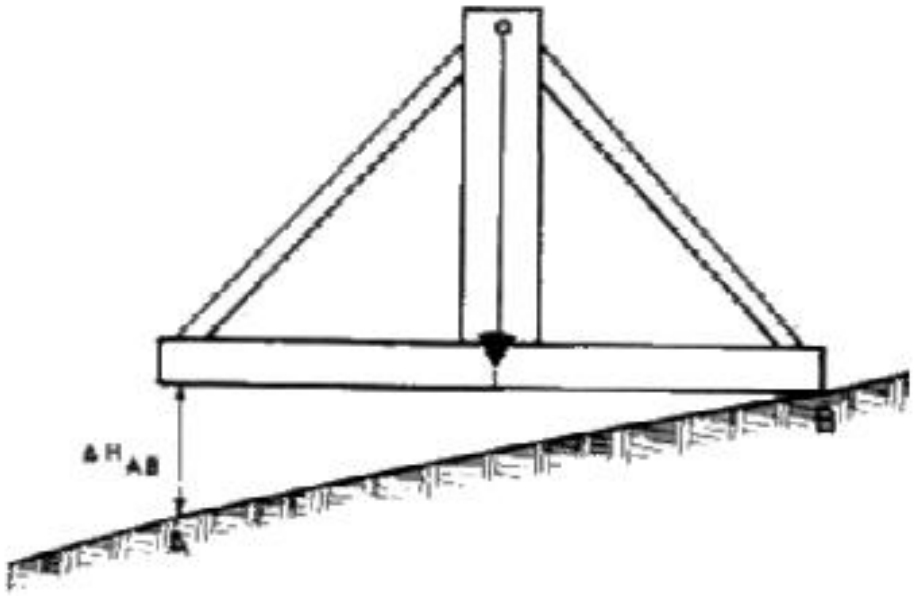
اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

1) ترازیابی بدون دوربین و بدون شاخص

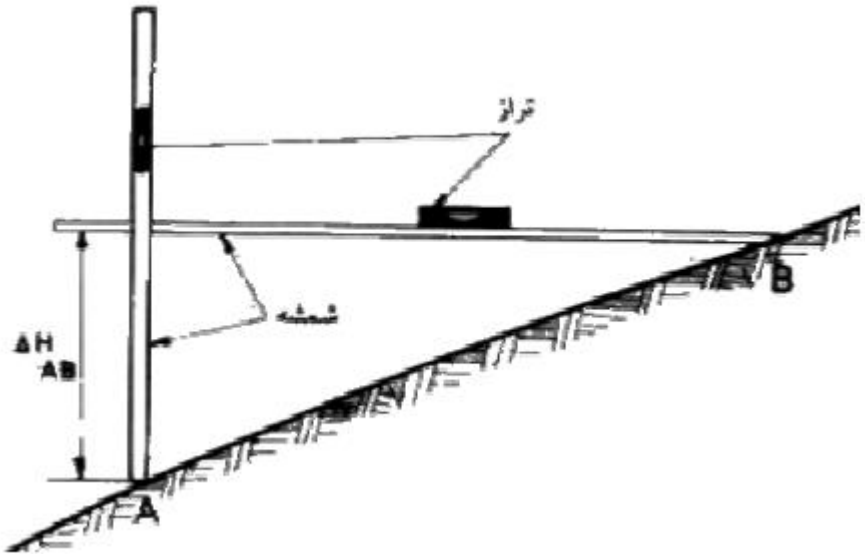
ب) ترازیابی با تخته و شاقول بنایی:



❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

2) ترازیابی بدون دوربین با شاخص



الف) ترازیابی با شمشه و تراز بنایی:

در کارهای ساده و کوچک ساختمانی نیز این روش با کمک دو عدد شمشه و ترازبنایی انجام پذیر است .

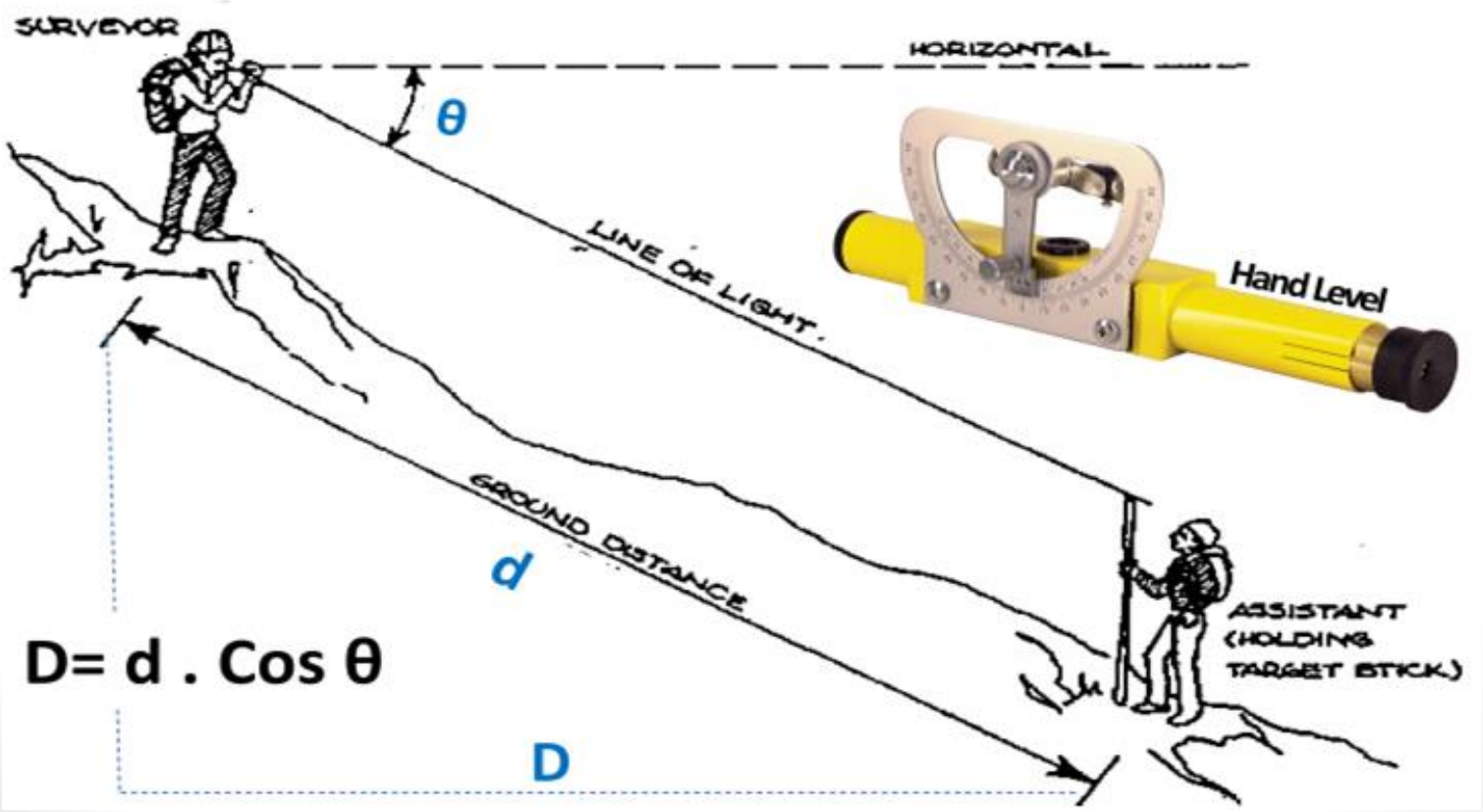
روش کار : یک شمشه را در نقطه A به طور قائم مستقر می کنیم سپس شمشه دیگر را به طور افقی چنان نگه می داریم که یک سر آن روی نقطه B و سر دیگر آن در کنار شمشه A قرار بگیرد و به وسیله یک تراز بنایی آن را کاملاً افقی می کنیم اکنون از محل تماس شمشه افقی با شمشه قائم تاروی نقطه A را با متر اندازه گیری می کنیم.

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

2) ترازیابی بدون دوربین با شاخص

ب) ترازیابی بوسیله شیب سنج



❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

ساختمان ترازیاب:

بطورکلی ساختمان ترازیاب شامل موارد ذیل است.

قسمت فوقانی : که شامل تلسکوپ و وسایل قراولروی می باشد.

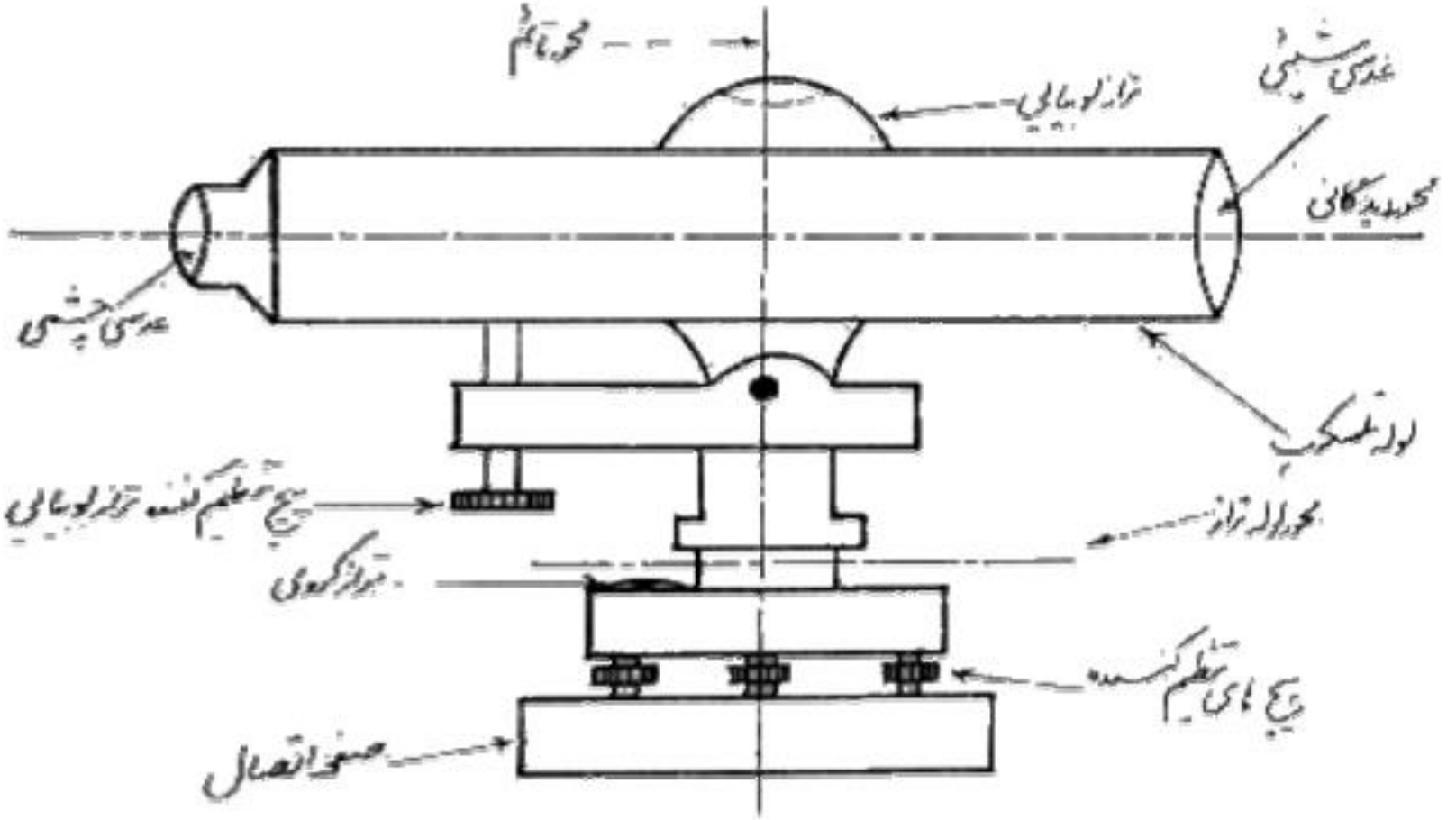
قسمت میانی : شامل تراز و قسمتی از بدنه و در بعضی از ترازیابها دارای صفحه مدرج برای اندازه گیری زاویه افقی.

قسمت تحتانی : شامل پیچ تراز کننده و اتصال دستگاه بر روی سه پایه

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص (ساختمان ترازیاب)



❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص (ساختمان ترازیاب)

❑ انواع ترازیابی:

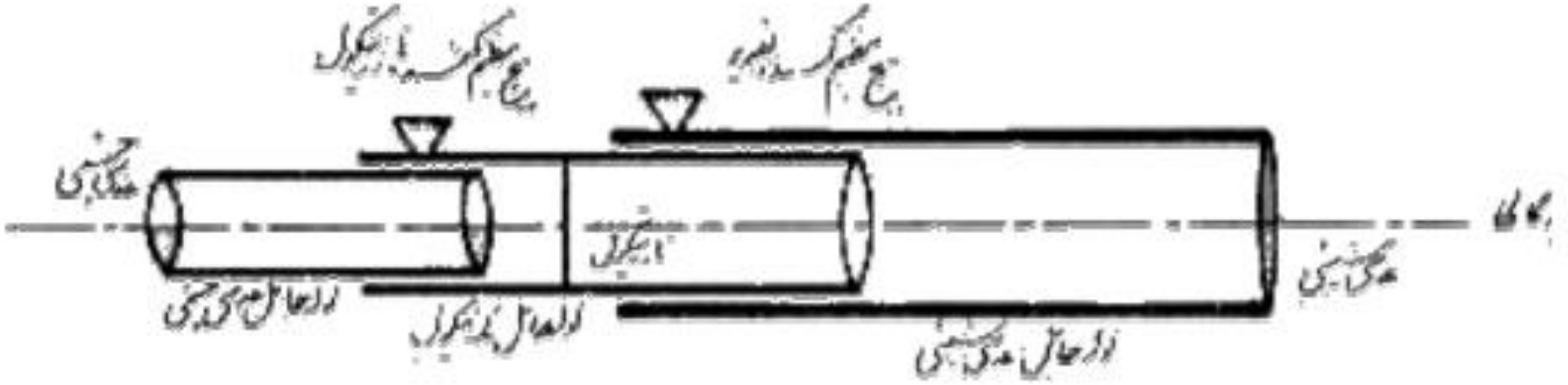
3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

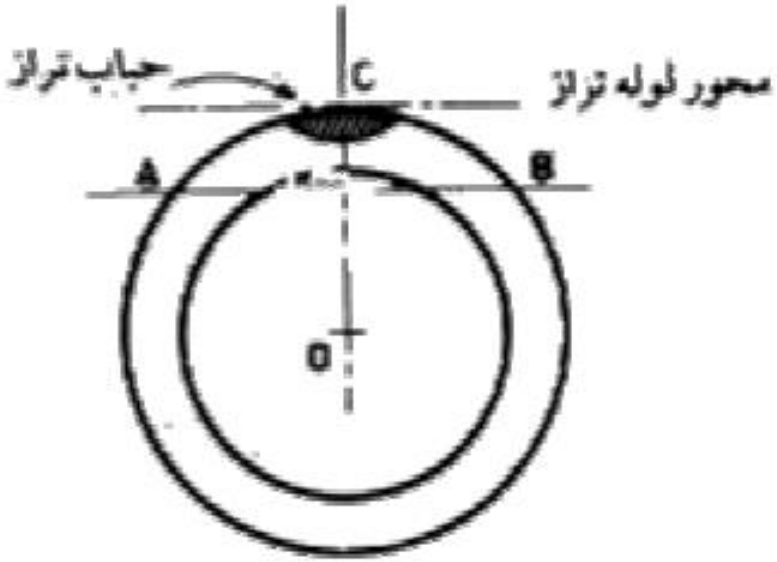
3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

تلسکوپ و وسایل قراولروی

تلسکوپ دستگاه از قسمتهای عدسی شیئ ، عدسی چشمی ،لوله تلسکوپ ، صفحه رتیکول، پیچهای تنظیم کننده تصویر ،پیچ تنظیم کننده تارهای رتیکول ،محور کلیماسیون و محور عدسی ها تشکیل شده است.

محور کلیماسیون یا محور دیدگانی : خطی است که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی شیئ و چشمی وصل می کند این محور بر محور عدسی ها منطبق است ، در غیر این صورت خطایی ایجاد می شود که آن را کلیماسیون گویند.





❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

تراز

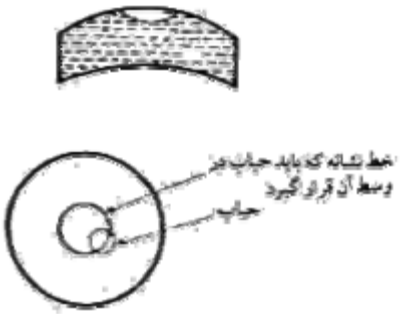
محور لوله تراز : خطی که در مرکز حباب تراز بر لوله تراز مماس می باشد.

محور قائم یا محور اصلی دستگاه : وقتی دستگاه تراز باشد امتداد قائم نقطه ، بر محور لوله تراز عمود خواهد بود این امتدادی خواهد بود که دستگاه حول آن می چرخد وبه آن محور قائم دستگاه گویند.

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

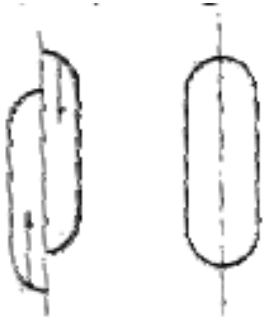


انواع تراز

۱- تراز کروی : این تراز بصورت یک قطعه کروی است و در همه جهات تراز بودن را نشان می دهد.

۲-تراز استوانه ای : این تراز از یک لوله تشکیل شده که در وسط آن یک شیشه مدرج تعبیه شده است و دقت آن از تراز کروی بیشتر است.

۳- تراز لوبیایی : عبارت است از یک تراز استوانه ای که در بالای آن یک سیستم منشوری قرار دارد این سیستم تصویر حباب تراز را که به شکل لوبیا است به صورت دو لپه لوبیا نشان می دهد و وقتی که دستگاه کاملاً تراز باشد این دو لپه بر هم منطبق شده حباب تراز به صورت یک بیضی کامل دیده می شود .



۴-تراز اتوماتیک : این تراز تحت نیروی جاذبه خود به خود تراز می گردد (بصورت اتوماتیک)

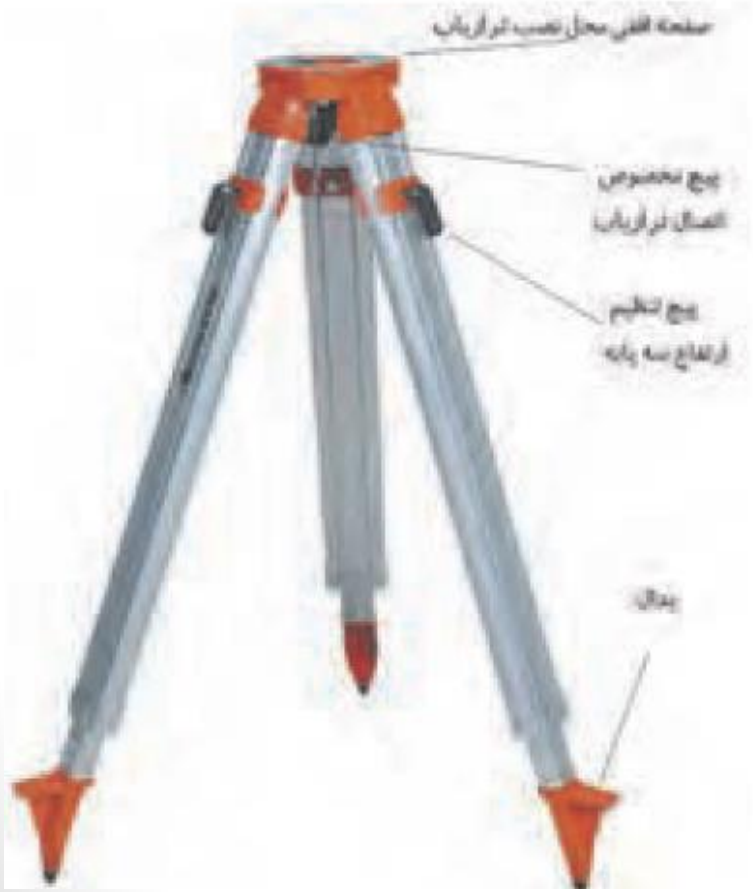
❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

سه پایه

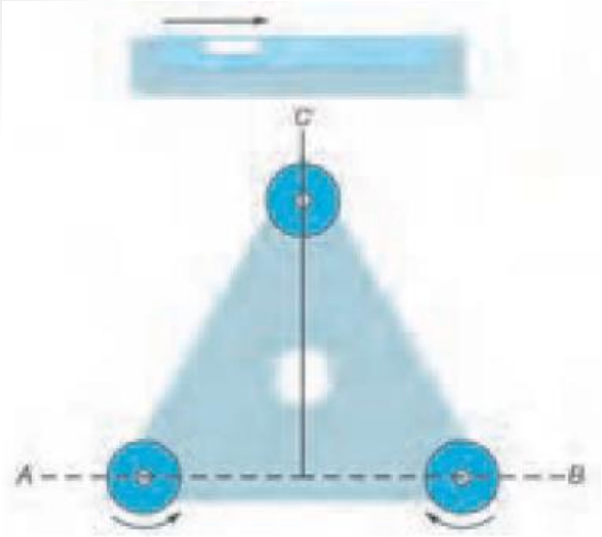
وسیله ای جهت استقرار دوربین روی یک نقطه



❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص



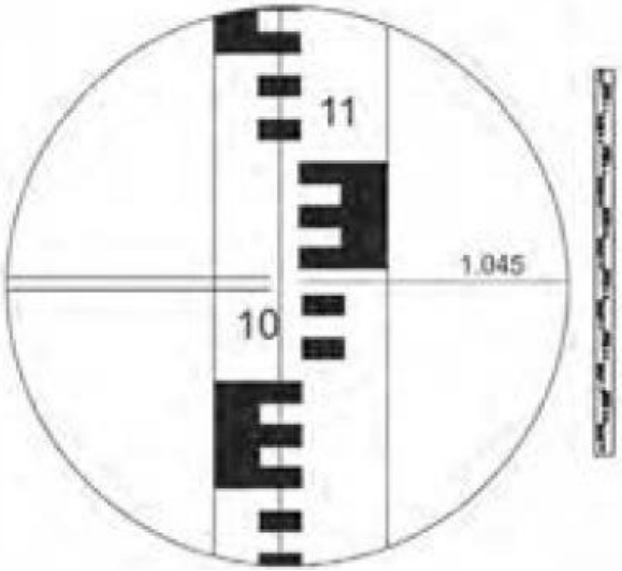
نحوه تراز کردن دستگاه

1. پیچ کردن دوربین به سه پایه
2. قرار دادن محور دوربین موازی دو پیچ از سه پیچ تنظیم کننده
3. پیچاندن سه پیچ تا در حدود وسط (تا به اندازه کافی جا برای پیچیدن داشته باشند)
4. پیچانده دو پیچ در دو جهت مخالف (داخل یا خارج) بطور همزمان تا حباب در مقابل پیچ سوم قرار گیرد.
5. با پیچاندن پیچ سوم حباب به داخل محفظه هدایت می شود.

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

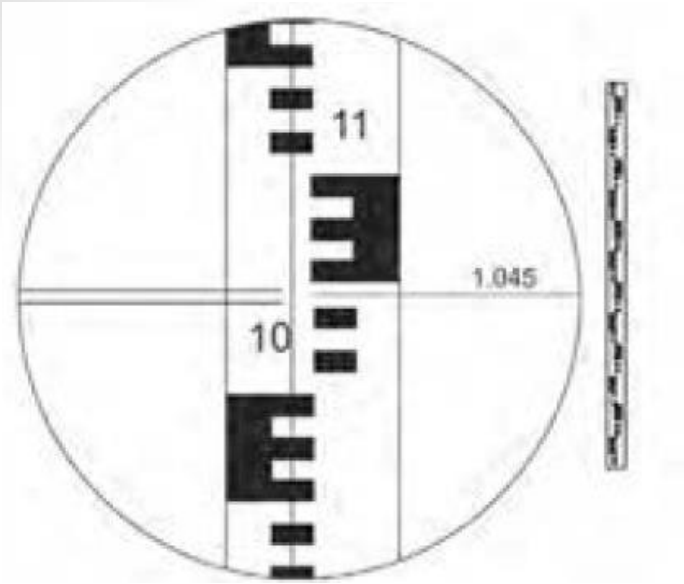
3) ترازیابی با دوربین و با شاخص



شاخص (میر)

برای قرائت اختلاف ارتفاع نقاط ، شاخص مدرجی ساخته می شود که به آن میر گویند. معمولاً طول آن ۴ متر و از چهار قطعه ۱ متری که به همدیگر لولا شده اند ساخته شده است. روی میرها با دو رنگ متضاد (سفید و قرمز یا سفید و مشکی) در جه بندی شده و معمولاً سانتیمتر ها در آن درجه بندی کرده اند و دسیمترها را با عدد روی آن نوشته اند.

میرهای مخصوص ترازیابی دقیق از آلیاژ انوار (فولاد و نیکل) ساخته شده و در مقابل تغییرات دما بسیار مقاوم اند . طریقه نگه داشتن میر می بایست بصورت قائم روی نقطه مورد نظر قرار بگیرد برای این منظور از تراز کروی استفاده می گردد . همچنین می توان از تراز نبشی نیز استفاده کرد.



❑ انواع ترازیابی:

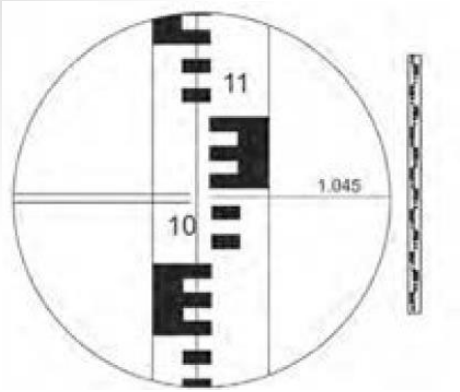
3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

قرائت شاخص (میر)

جهت قرائت میر و اندازه گیری روی میر علایم و نشانه های مخصوصی در داخل دوربین تعبیه شده که بصورت خطوط مستقیم و منحنی می باشد و به آنها تارهای رتیکول گویند.

پس از استقرار دوربین به کمک پیچ مستقر بر روی عدسی چشمی تارهای رتیکول کاملاً تنظیم می گردد. در غیر این صورت تارها دوگانه دیده خواهد شد و عمل اندازه گیری با اشکال مواجه خواهد شد توسط پیچ حرکت بطئی تارقائم را بر وسط میر منطبق کرده و نوبت به قرائت اندازه روی میر فرا می رسد . برای این کار از تار وسط استفاده می گردد.



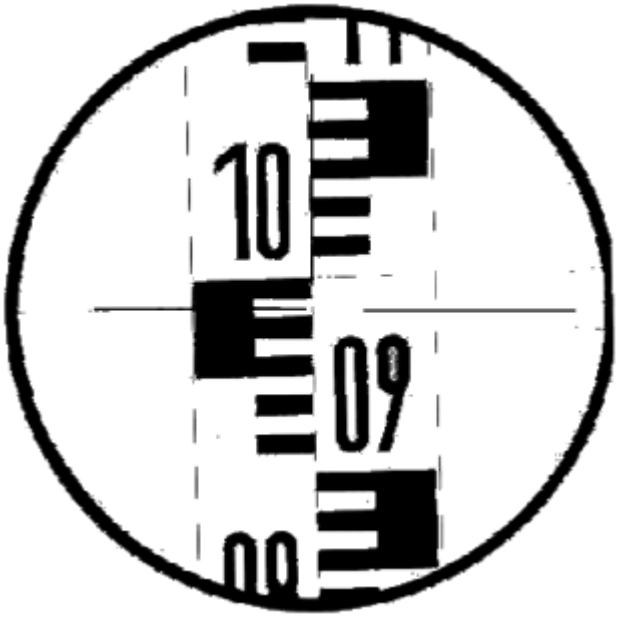
❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

قرائت شاخص (میر)

قرائت اعداد میر معمولاً چهار رقمی بوده و اعداد بصورت دو رقم دورقم خوانده می شود ابتدا دسی متر و سپس خطوط سانتی متر را شمرده و خورده های سانتیمتر را بصورت میلیمتر حدس می زنند . همانطور که در شکل ملاحظه می نمایید عدد روی میر ۰۹۸۵بوده و می خوانیم صفر،نه- هشتاد و پنج.



❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

انواع ترازیاب

ترازیاب ها برحسب دقت و ساختمانشان تقسیم بندی می شوند.

دقت هر دستگاه تراز یاب تابع حساسیت تراز و درشت نمایی تلسکوپ آن است :

- ترازیاب های ساختمانی
- ترازیاب های مهندسی (راه ، راه آهن، پل و ...)
- ترازیاب های دقیق (ژئودزی، نشست زمین، تغییر شکل سد و ...)

نوع ترازیاب	درشت نمایی	قطر عدسی شئی	حساسیت تراز استوانه ای	حساسیت تراز کروی	خطای متوسط در ۱ کیلومتر
ساختمانی	۱۶ تا ۲۵ برابر	۲۰تا ۳۰ م.م	۲۰ تا ۶۰ ثانیه	۵ تا ۱۰ دق	۵ تا ۱۰ م.م
مهندسی	۲۰ تا ۳۲ برابر	۳۰تا ۴۵ م.م	۲۰ تا ۶۰ ثانیه	۸ تا ۱۲ دق	۲ تا ۴ م.م
دقیق	۴۰تا ۴۴ برابر	۵۰تا ۶۵ م.م	۸ تا ۱۲ ثانیه	۸ تا ۱۲ دق	۰.۳تا ۰.۵م.م

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

انواع ترازیاب

ترازیاب ها برحسب دقت و ساختمانشان تقسیم بندی می شوند.

دقت هر دستگاه تراز یاب تابع حساسیت تراز و درشت نمایی تلسکوپ آن است :

- ترازیاب های ساختمانی (دستگاههای Ni4 (زایس) ، N0 (ویلد) و C4O (سوکیا))
- ترازیاب های مهندسی (N1 وNA2 ، Ni2 ، C3A)
- ترازیاب های دقیق (N3 ، Ni1 ، PL1)

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

تنظیمات ترازیاب

بطور کلی تنظیمات ترازیاب دو نوع می باشد:

- تنظیمات موقتی : تنظیماتی هستند که در هر ایستگاه گذاری و هر قرائت بایستی آنها را تنظیم و کنترل نمود
- تنظیمات دائمی : ایجاد وضعیت محورهای دستگاه نسبت بهم که توسط کارخانه انجام می شود و در اثر کار زیاد یا ضربه خوردن بهم بخورد.

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

تنظیمات موقتی

1) استقرار : قرار دادن دوربین روی سه پایه و مستقر کردن آن روی نقطه مورد نظر

در استقرار دوربین بایستی نکات زیر رعایت شود:

- حتی المقدور دوربین در وسط دو نقطه ای باشد که میخواهیم اختلاف ارتفاعشان را تعیین کنیم.
- بلندی سه پایه متناسب با قد عامل باشد
- دستگاه از نظر استقرار بایستی پایدار باشد.

2) تراز کردن دستگاه: از نظر تراز کروی و استوانه ای (درصورتیکه تراز استوانه ای هم داشته باشد)

3) حذف پارالاکس: واضح دیدن تصویر شاخص (در میدان دید آوردن شیئی مورد نظر در دوربین) و هچنین واضح کردن تارهای رتیکول

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

تنظیمات دائمی

محورهای ترازیاب (محور عدسی ها – محور کلیماسیون – محور لوله تراز – محور اصلی (قائم)) نسبت بهم در وضعیت ثابتی قرار دارند. مثلا محور عدسی ها بر محور کلیماسیون منطبق بوده و موازی محور لوله تراز میباشد، و یا اینکه محور قائم بر محور دیدگانی عمود میباشد.

ایجاد این وضعیت ها توسط کارخانه انجام می شود. ولی ممکن است در اثر عواملی بهم بخورد (وضعیت محورها نسبت بهم از حالت تعادل خارج شود). در این مرحله تا جائیکه مربوط به عامل است، باید در رفع این اشکالات چه از نظر محاسباتی و یا عملی و یا تنظیم بکوشد.

- **انواع ترازیابی:**

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

اصول ترازیابی

بهترین حالت ترازیابی بین دو نقطه به این ترتیب است که دوربین بین دو نقطه مستقر شده و سپس میرهای A وB قرائت گردد.

اصل کلی ترازیابی بر این پایه استوار است که : اختلاف ارتفاع بین دو نقطه عبارت است از اختلاف قرائت روی میر مستقر در دو نقطه یعنی:

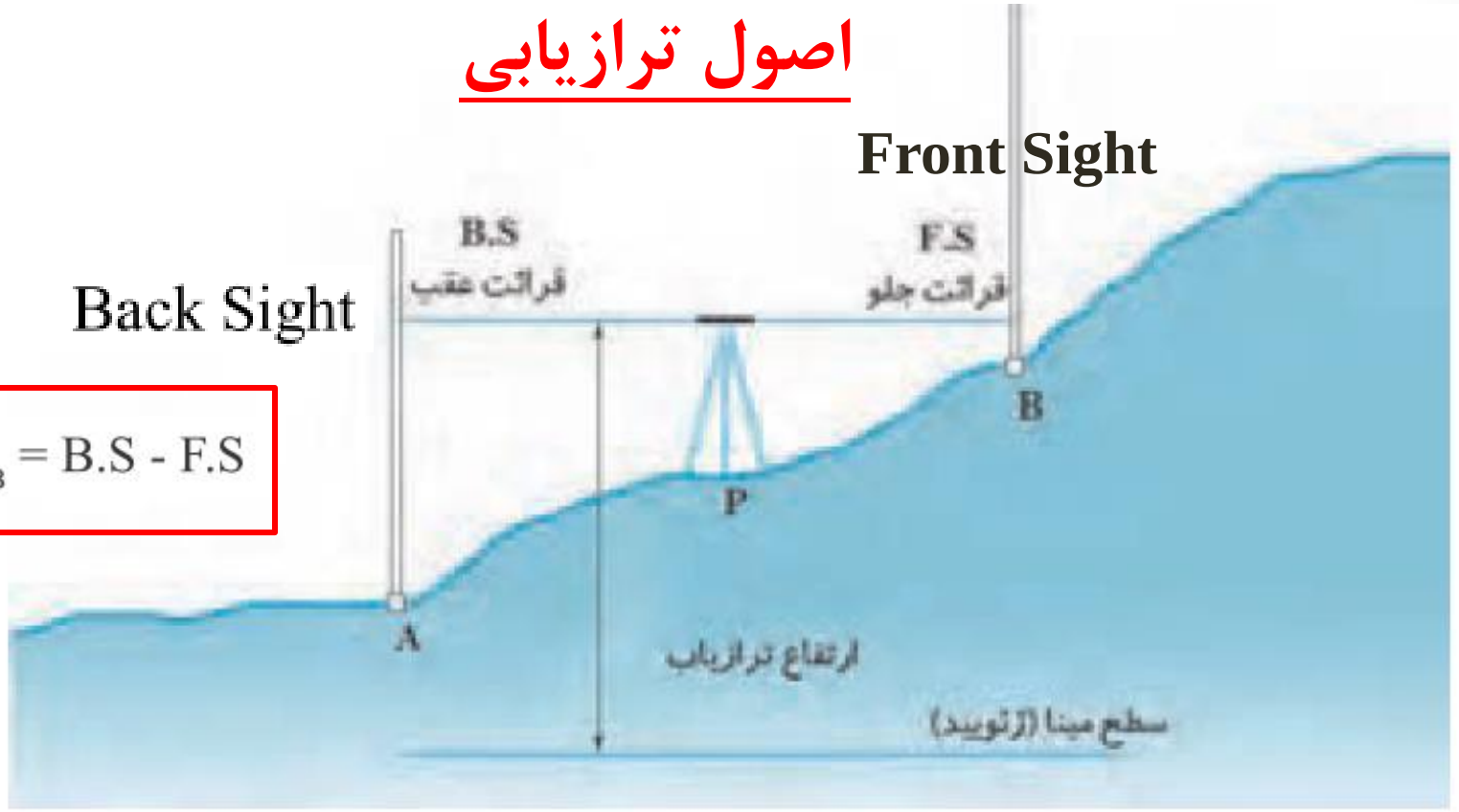
قرائت روی میر B - قرائت روی میر A = اختلاف ارتفاع دو نقطه A,B

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

اصول ترازیابی



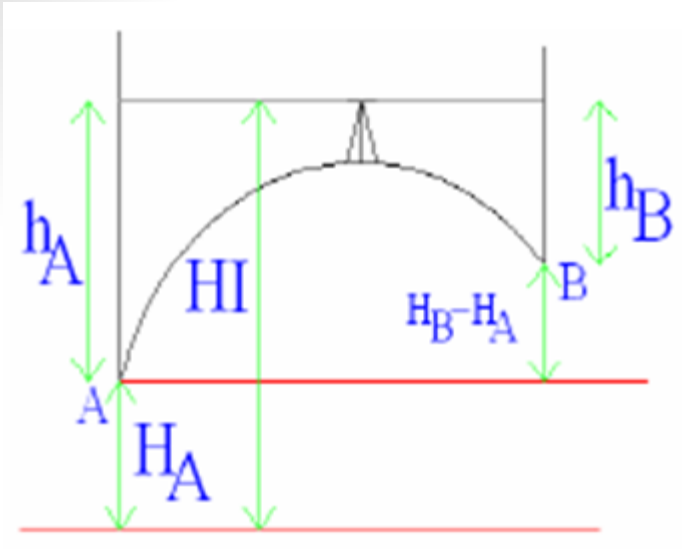
$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S$$

که در این رابطه منظور از B.S قرائت رقم روی شاخص A و F.S قرائت روی شاخص B است.

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص



اصول ترازیابی

دو نقطه A و B را درنظر میگیریم میخواهیم با معلوم بودن ارتفاع نقطه A ارتفاع نقطه B را بدست آوریم:

پس از استقرار و تراز کردن دستگاه و قرائت عدد شاخص های مستقر در نقاط با روابط و فرضیات زیر ارتفاع نقطه B بدست میاید:

h_A قرائت شاخص مستقر در A (قرائت عقب BS)

H_A ارتفاع نقطه A

h_B قرائت شاخص مستقر در B (قرائت جلو FS)

H_B ارتفاع نقطه B

HI ارتفاع خط قراولروی

$$HI = H_A + B.S = H_B + F.S$$

$$\Delta H = h_B - h_A = B.S - F.S$$

❑ انواع ترازیابی:

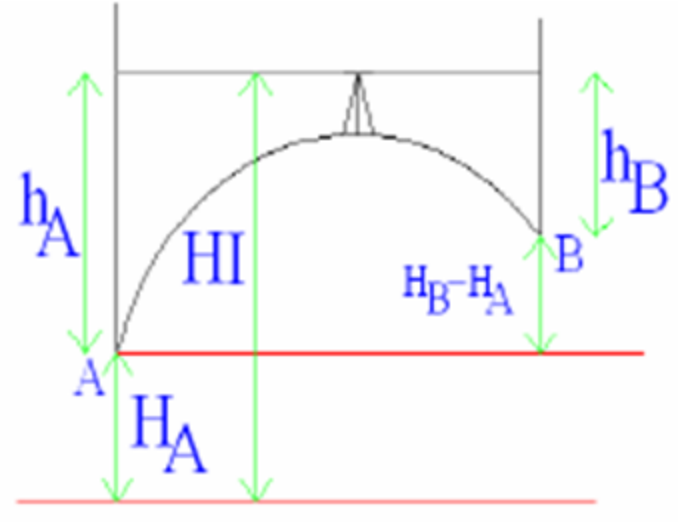
3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

اصول ترازیابی

یعنی اختلاف ارتفاع بین دو نقطه برابر با تفاضل قرائتهای عقب و جلو است .

از روابط و شکل میتوان دریافت که هرگاه مقدار عددی قرائت جلو از مقدار عددی قرائت عقب کمتر باشد نقطه B نسبت به نقطه A بالاتر است و درصورت عکس نقطه B نسبت به A پایین تر است.



h_A	قرائت شاخص مستقر در A (قرائت عقب BS)
H_A	ارتفاع نقطه A
h_B	قرائت شاخص مستقر در B (قرائت جلو FS)
H_B	ارتفاع نقطه B
HI	ارتفاع خط قراولروی

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

اصول ترازیابی

مثال : در ترازیابی بین دو نقطه A و B قرائت عقب برابر 0215 و قرائت جلو برابر 2511 بدست آمده است. چنانچه ارتفاع نقطه A برابر 1351.32 باشد، ارتفاع نقطه B را بدست آورید؟

$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S = 0215 - 2511 = -2296mm = -2.296m$$

$$H_B = H_A + \Delta H = 1351.32 - 2.296 = 1349.024m$$

$$HI = H_A + B.S = 1351.32 + 0.215 = 1351.535m$$

$$H_B = HI - F.S = 1351.535 - 2.511 = 1349.024m$$

❑ انواع ترازیابی:

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

اصول ترازیابی

مثال : برای پیدا کردن ارتفاع نقطه B ترازیاب را بین دو نقطه A,B مستقر کرده و قرائت های انجام شده روی نقاط A و B به ترتیب a=۲۳۱۲ و b =۱۰۴۰ است.درصورتیکه ارتفاع نقطه A از سطح دریا ۱۲۷۶/۰۲ باشد مطلوب است محاسبه ارتفاع نقطه B؟

$$\Delta H = B.S - F.S = ۲۳۱۲ - ۱۰۴۰ = ۱۲۷۲$$

$$H_B = H_A + \Delta H = ۱۲۷۶/۰۲ + ۱/۲۷۲ = ۱۲۷۷/۲۹۲$$

- **انواع ترازیابی:**

3) ترازیابی مستقیم یا هندسی :

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

انواع ترازیابی

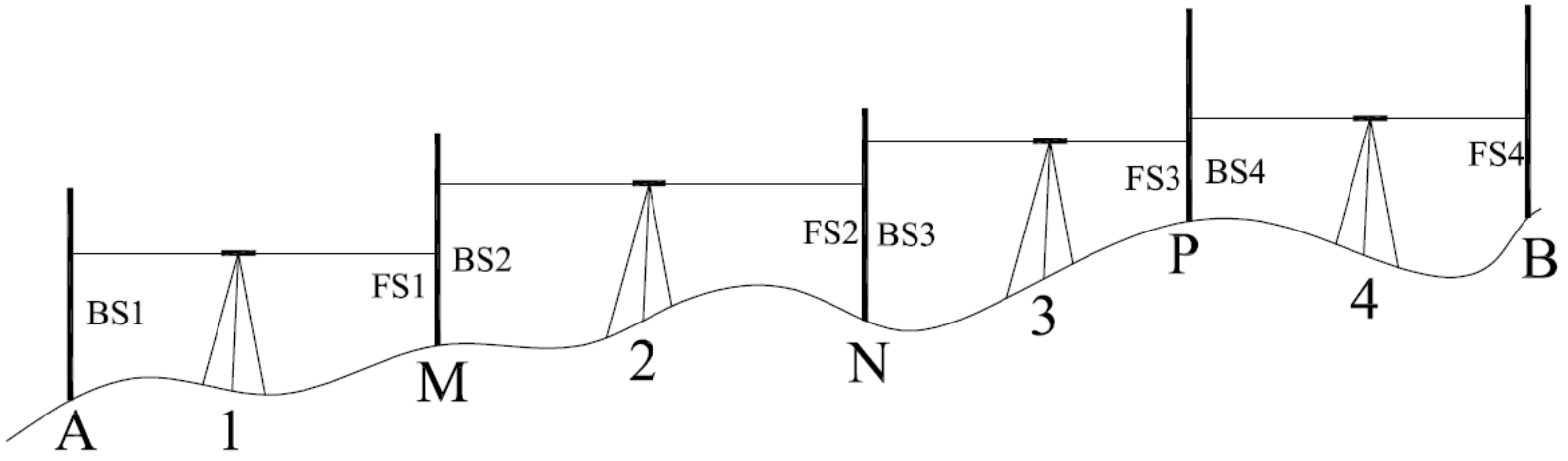
با توجه به وضعیت نقاط ارتفاعی نسبت بهم، ترازیابی مستقیم به سه شیوه :

1. خطی (پیمایشی یا تدریجی)،
2. شعاعی و یا
3. ترکیبی از این دو روش انجام می شود.

3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

انواع ترازیابی

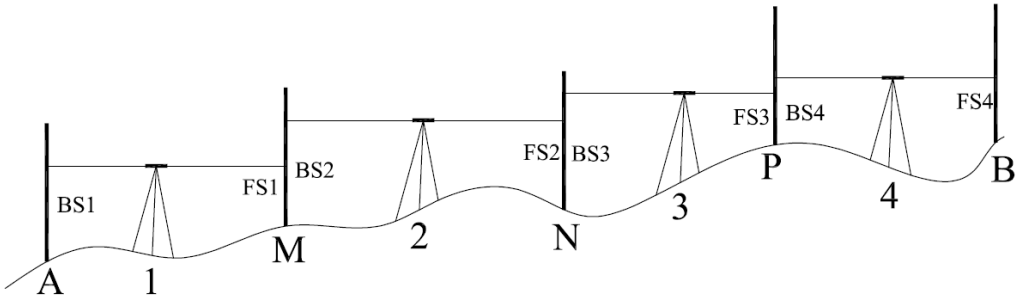
1) ***شیوه پیمایشی یا خطی:*** در نقاطی که فاصله آنها زیاد است و یا ارتفاع آنها از ارتفاع میر بیشتر است، نمی توان با یکبار ایستگاه گذاری ترازیابی کرد. در اینصورت از ایستگاه های بیشتری برای استقرار دوربین استفاده می شود.



3) ترازیابی با دوربین و با شاخص

انواع ترازیابی

1) شیوه پیمایشی یا خطی:



برای محاسبه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه فوق لازم است، جمع قرائتهای جلو را از جمع قرائتهای عقب کم کنیم.

برای سهولت در ثبت قرائت ها و محاسبه ارتفاعات نقاط از جدولی به شکل زیر استفاده میشود:

$$\Delta H = H_M - H_A = B.S_1 - F.S_1$$
$$\Delta H = H_N - H_M = B.S_2 - F.S_2$$
$$\Delta H = H_P - H_N = B.S_3 - F.S_3$$
$$\Delta H = H_B - H_P = B.S_4 - F.S_4$$
$$\Sigma\Delta H = H_B - H_A = \Sigma B.S - \Sigma F.S$$

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع نقاط	توضیحات
			سربالایی	سرازیری		
P.Nr.	B.S	F.S	R(+)	R(-)	H	

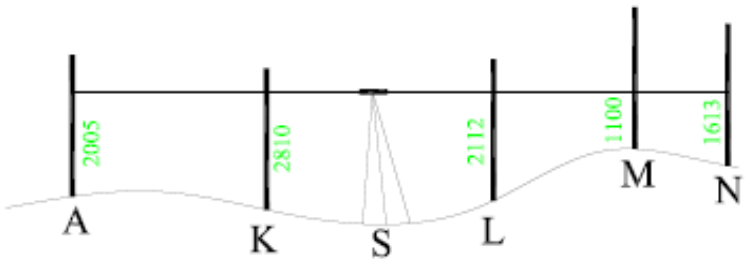
❑ ***مثال :*** بین دو نقطه اصلی A و B از طریق نقاط کمکی C و D و E ترازیابی انجام شده است ؛ نتیجه قرائتها بشرح جدول زیر است . اگر ارتفاع نقطه A برابر ۱۰۰۰ متر باشد ارتفاع سایر نقاط را تعیین کنید؟

شماره ایستگاه	1	2	3	4
عقب	2.594	1.868	3.658	0.914
جلو	1.890	3.640	2.753	1.845

$$\Sigma\Delta H = H_B - H_A = \Sigma B.S - \Sigma F.S \Rightarrow \Delta H = 9.034 - 10.128 = -1.094 \Rightarrow H_B = 998.906$$

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع نقاط	توضیحات
			سربالایی	سرازیری		
A	2.594		0.704		1000.000	
C	1.868	1.890		1.772	1000.704	
D	3.658	3.640	0.905		998.932	
E	0.914	2.753			999.838	
B		1.845		0.931	998.906	
Σ	9.034	10.128				

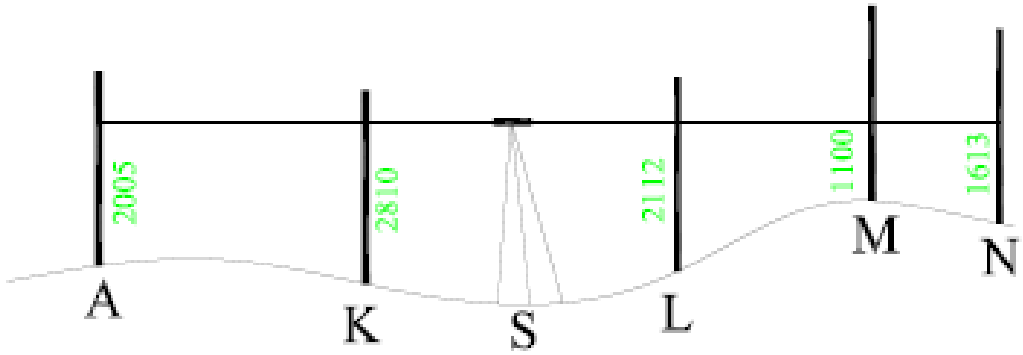
❑ ***شیوه شعاعی:*** در بعضی از عملیات با یک ایستگاه گذاری میتوان به چندین نقطه مجهول نشانه روی کرد و اختلاف ارتفاع آنها را نسبت به نقطه معلوم بدست آورد.



در این روش هر جفت قرائتی که روی دو نقطه متوالی انجام میشود به ترتیب به منزله قرائت عقب و قرائت جلو بحساب میایند. لیکن در موقع تنظیم جدول برای جلوگیری از اشتباهات احتمالی به نقاط میانی در ستون جدید وارد میشوند.

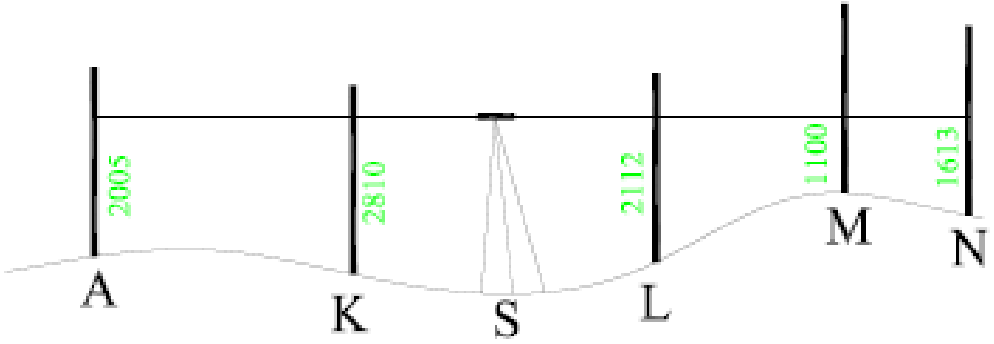
شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط	توضیحات
P.Nr.	B.S	I.S	F.S	R(±)	H	

❑ ***مثال :*** از ایستگاه S به نقطه معلوم A و هریک از نقاط مجهول K و L و M و N نشانه روی کردیم قرائتهای مربوط به هریک از نقاط مزبور در شکل مشخص شده است. اگر ارتفاع نقطه A برابر 1750 متر باشد ارتفاع سایر نقاط را بدست آورید؟



شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط
A	2.005			-0.805	1750
K		2.810		+0.698	1749.195
L		2.112		+1.012	1749.893
M		1.100		-0.513	1750.905
N			1.613		1750.392
Σ	2.005		1.613	+0.392	

❑ ***مثال :*** از ایستگاه S به نقطه معلوم A و هریک از نقاط مجهول K و L و M و N نشانه روی کردیم قرائتهای مربوط به هریک از نقاط مزبور در شکل مشخص شده است. اگر ارتفاع نقطه A برابر 1750 متر باشد ارتفاع سایر نقاط را بدست آورید؟



شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع نقاط
A	2.005			1752.005	1750
K		2.810		1752.005	1749.195
L		2.112		1752.005	1749.893
M		1.100		1752.005	1750.905
N			1.613		1750.392

- **شیوه ترکیبی:** این شیوه ترکیبی از دو شیوه قبلی است . دراین روش اولین قرائت هر ایستگاه در ستون قرائت عقب و آخرین قرائت آن در ستون قرائت جلو وسایر قرائتها در ستون قرائتهای میانی ثبت میشود. از این روش برای ترازیابیهای با دقت متوسط مانند تهیه نیمرخهای طولی استفاده میشود.

- جهت کنترل محاسبات میتوان از رابطه $\Sigma\Delta H = H_B - H_A = \Sigma B.S - \Sigma F.S$ استفاده نمود ولی این رابطه فقط صحت محاسبه ارتفاع نقاط اصلی را معلوم میکند. برای کنتل محاسبه نقاط میانی میتوان از رابطه زیر استفاده نمود:

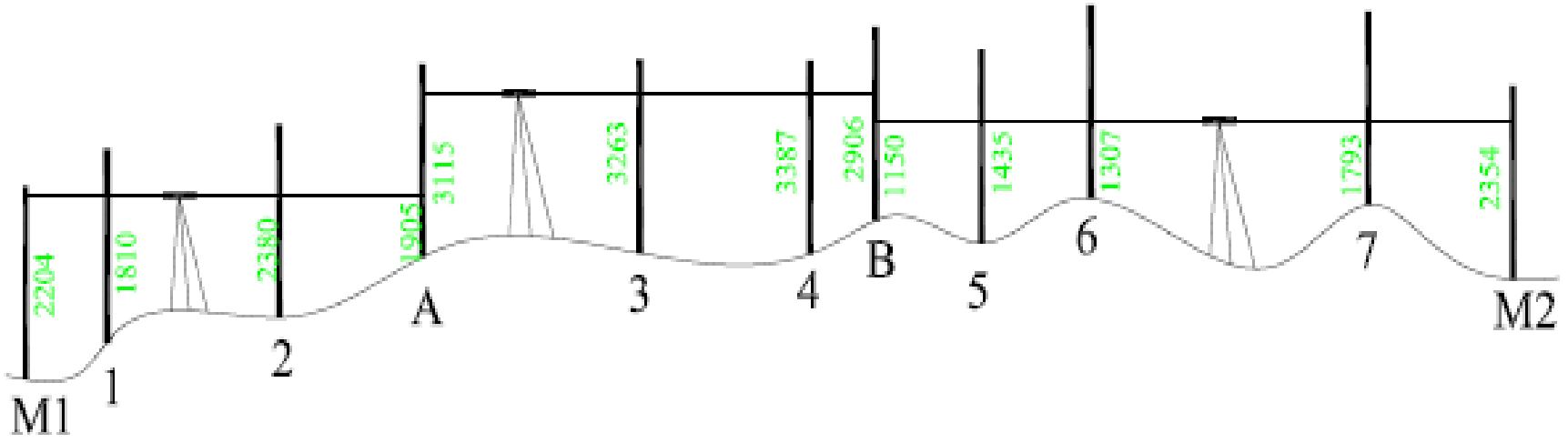
$$H = H_C - F.S$$

$$H = H_C - I.S$$

$$\Sigma H = \Sigma H_C - (\Sigma F.S + \Sigma I.S) \Rightarrow \Sigma H_C = \Sigma H + \Sigma F.S + \Sigma I.S$$

یعنی جمع مقادیر عددی ارتفاعات خطوط قراولروی مساوی با مجموع مقادیر سه ستون IS و FS و H است(مقصود از Σ H در روابط مجموع ارتفاع نقاط مجهول یعنی همه مقادیر غیر از نقطه اول است)

❑ ***مثال:*** ترازیابی مطابق شکل انجام شده است اگر ارتفاع نقطه M1 برابر 1749.50 باشد ارتفاع سایر نقاط را محاسبه و محاسبات را کنترل نمایید؟



شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط
M1	2.204				1749.500
1		1.810		0.394	1749.894
2		2.380		-0.570	1749.324
A	3.115		1.905	0.475	1749.799
3		3.263		-0.148	1749.651
4		3.387		-0.124	1749.527
B	1.150		2.906	0.481	1750.008
5		1.435		-0.285	1749.723
6		1.307		0.128	1749.851
7		1.793		-0.486	1749.365
M2			2.354	-0.561	1748.804
Σ	6.469		7.165	-0.696	

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع نقاط
M1	2.204			1751.704	1749.500
1		1.810		1751.704	1749.894
2		2.380		1751.704	1749.324
A	3.115		1.905	1752.914	1749.799
3		3.263		1752.914	1749.651
4		3.387		1752.914	1749.527
B	1.150		2.906	1751.158	1750.008
5		1.435		1751.158	1749.723
6		1.307		1751.158	1749.851
7		1.793		1751.158	1749.365
M2			2.354		1748.804
Σ	6.469	15.375	7.165	17518.486	17495.946

$$\Sigma H_C = \Sigma H + \Sigma F.S + \Sigma I.S$$

- ***بررسی خطاهای ترازیابی :*** در ترازیابی نیز مانند سایر اندازه گیریهای نقشه برداری سه عامل باعث ایجاد خطا میشود و خطاهای ترازیابی در حالت کلی عبارتند از:

- خطای دستگاهی : شامل میزان نبودن تراز دستگاه، افقی نشدن محور دیدگانی پس از تنظیم تراز، صحیح نبودن طول شاخص ویا درجه بندی آن، نا÷ایدار بودن سه پایه و...
- خطای طبیعی: شامل کویت زمین ، انکسار نور در هوا ، تشعشع خورشید ، وزش باد وتییر ناگهانی دما و...
- خطای انسانی : شامل تراز نکردن کامل دستگاه، عدم پایداری تکیه گاه شاخص، قائم نگرفتن شاخص، ازبین نرفتن کامل پارالاکس و خطا در قرائت شاخص.
- ***خطای دستگاهی:*** همانطور که در بخش تنظیمات دائمی دوربین اشاره شد دو نوع تنظیم (تنظیم محور لوله تراز – تنظیم دیدگانی (کلیماسیون)) تا خطاهای دستگاهی کاهش یابند.

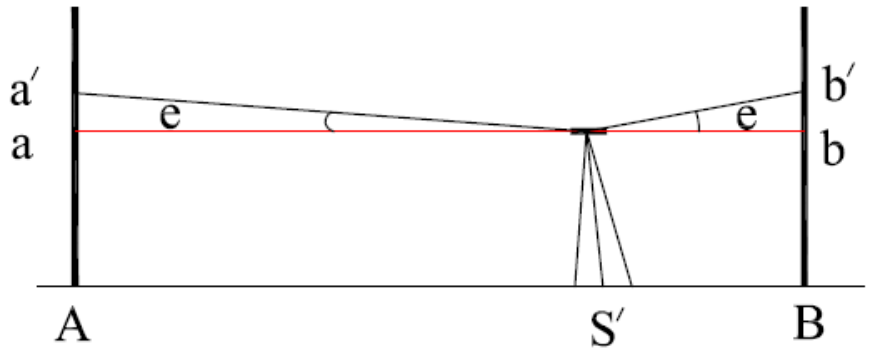
تنظیم اول که به تراز کردن دوربین و نحوه عمل و کنترل آن برمیگردد که در بخش عملی با آن آشنا شده اید.

تنظیم محور کلیماسیون: عمود نبودن محور قائم بر محور کلیماسیون یا موازی نبودن محور لوله تراز با محور کلیماسیون و یا همچنین منطبق نبودن محور عدسیه بر محور کلیماسیون، خطایی ایجاد میکند که آنرا خطای کلیماسیون میگویند. بایستی تنظیم بودن محور کلیماسیون را هر چند وقتیکبار بخصوص مواقعیکه امکان ضربه خوردن به دستگاه باشد قبل از کار روزانه بیکی از دو طریق زیر کنترل نمود:

1) اختلاف ارتفاع چند نقطه را از چند ایستگاه اندازه گیری میکنیم اگر دستگاه خطای کلیماسیون نداشته باشد ، بایستی این مقادیر با هم برابر باشند .

2) دو نطقه A و B در روی زمین نسبتا صافی بطول تقریبی ۱۰۰ متر اختیار میشود و اخلاف ارتفاع دو نقطه را با دوبار ایستگاه گذاری (یکبار در نزدیکی A و باردیگر در نزدیکیB) بدست میآوریم که در دو حالت بایستی یک عدد بدست آید در غیر اینصورت دستگاه دارای خطای کلیماسیون میباشد.

زاویه کلیماسیون : چنانچه این حالت وجود نداشته باشد محور دیدگانی دستگاه با افق زاویه ای مثل e میسازه که به آن زاویه کلیماسیون میگویند.



بطوریکه در شکل دیده میشود در صورت وجود خطای کیماسیون بجای قرائت a در روی شاخص a′ قرائت میشود در نتیجه:

$$a' - a = e_a = d_a.tag(e) \cong d_a.e$$

$$a = a' - d_a.e$$

بطور مشابه برای B داریم

$$b' - b = e_b = d_b.tag(e) \cong d_b.e$$

$$b = b' - d_b.e$$

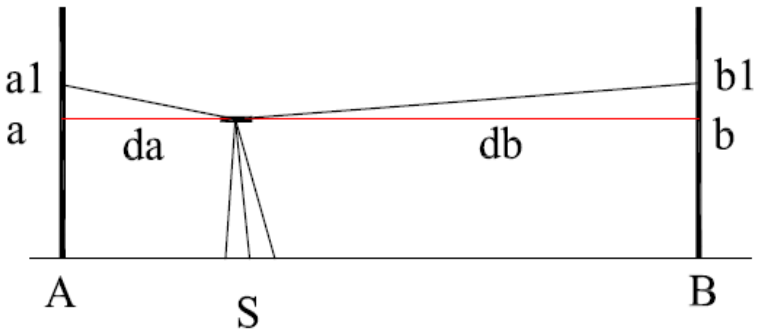
در نتیجه:

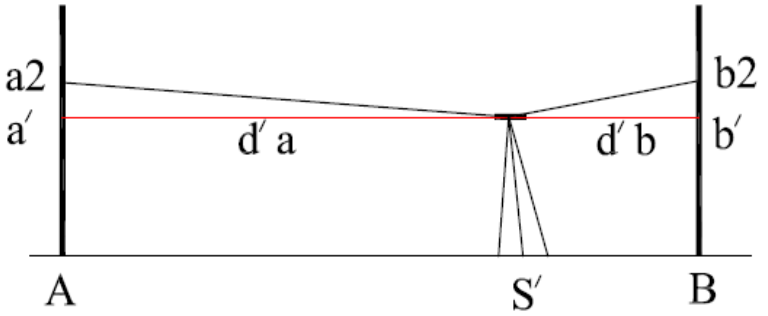
$$H_B - H_A = \Delta H = a - b = (a' - d_a.e) - (b' - d_b.e)$$

$$\Delta H = (a' - b') - (d_a - d_b).e$$

$$\Sigma\Delta H = (\Sigma a' - \Sigma b') - (\Sigma d_a - \Sigma d_b).e$$

زاویه کلیماسیون :





$$a = a_1 - d_a.e \qquad a' = a_2 - d'_a.e$$

$$b = b_1 - d_b.e \qquad b' = b_2 - d'_b.e$$

$$a - b = (a_1 - d_a.e) - (b_1 - d_b.e)$$

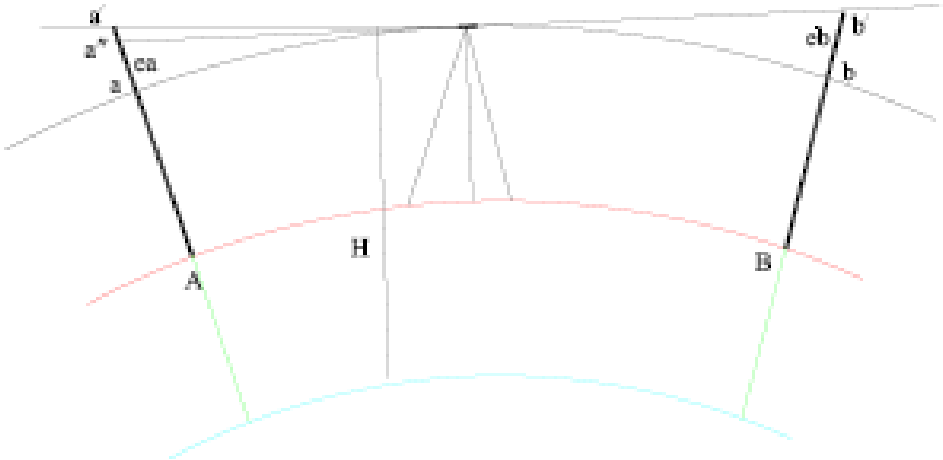
$$a' - b' = (a_2 - d'_a.e) - (b_2 - d'_b.e)$$

$$(a_1 - d_a.e) - (b_1 - d_b.e)$$

$$e = \frac{(a_2 + b_1) - (a_1 + b_2)}{(d_b + d'_a) - (d_a + d'_b)}$$

خطای طبیعی:

- خطای کرویت : همانطوریکه در قسمت قبل گفته شد اختلاف ارتفاع بین دو نقطه فاصله بین دو سطح ترازی است که بر هریک از این دو نقطه میگذرد. بنابراین برای تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه لازمست از یک سطح تراز مقایسه استفاده شود و اختلاف فاصله هریک از دو نقطه مفروض را ازین سطح مقایسه تعیین و به عنوان اختلاف ارتفاع معرفی میکنیم.



$$(R+H)^2 + D_A^2 = ((R+H)+e_A)^2$$

$$e_A = \frac{D_A^2}{2(H+R)} \cong \frac{D_A^2}{2R}$$

خطای طبیعی:

- خطای انکسار: هنگامیکه شعاع نوری از میان طبقات مختلف جو عبور میکند به علت تغییرات چگالی زمین امتدادش مرتبا شکسته میشود و به این ترتیب محور دیدگانی به شکل منحنی در می اید و درنتیجه این تغییر شکل شیئ مورد مشاهده نسبت به موقعیت حقیقیش بالاتر به نظر میرسد.
- در شرایط جوی معمولی مقدار عددی تصحیح انکسار در حدود 1/7 تصحیح کرویت و در جهت مخالف آن است .

$$e_R = \frac{D^2}{14R}$$

$$e = e_c - e_R = \frac{D^2}{2R} - \frac{D^2}{14R} = \frac{3D^2}{7R}$$

اگر شعاع متوسط زمین را ۶۳۷۰ کیلومتر در نظر بگیریم :

$$e = \frac{3D^2}{7R} = \frac{3D^2}{7*6370} = 6.73*10^{-2} * D^2(m)$$

در رابطه فوق D برحسب کیلومتر است

با توجه به اثر کرویت و انکسار میتوان نتیجه گرفت که برای دخالت دادن اثر کرویت و انکسار نور لازم است که برآیند اثر کرویت و انکسار هر نقطه از قرائت شاخص مربوط به آن نقطه کم شود .در این صورت چنانکه قرائت شاخصها را به ترتیب RA و RB و برآیند اثر کرویت و انکسار را به ترتیب e A و e B بنامیم داریم:

$$\Delta H = (R_A - e_A) - (R_B - e_B)$$

$$\Delta H = (R_A - R_B) - (e_A - e_B)$$

- با توجه به مطالب فوق میتوان نتیجه گرفت که هنگامی که فواصل بین محل استقرار دوربین وشاخص درقراولروی عقب وجلو مساوی باشد کرویت زمین و انکسار در ترازیابی مستقیم خطایی ایجاد نمیکند.
- در محاسبه کلیماسیون و همچنین درموقع تنظیم دستگاهها باید مورد فوق را در نظرگرفت.
- در رابطه زاویه کلیماسیون چنانچه صورت ومخرج کسر هم علامت باشند زاویه کلیماسیون مثبت (شیب مثبت) و در غیر اینصورت منفی است.

- ***روشهای کنترل ترازیابی :*** بمنظور شناسایی و کشف اشتباهات احتمالی و نیز کاهش خطاهای تصدفی ، کنترل عملیات در ترازیابی مستقیم ضروری است . روشهای کنترلی را درترازیابی مستقیم در دو دسته خلاصه میکنیم

  - کنترل در هرایستگاه
  - کنترل در پایان کار
  - ***کنترل درهر ایستگاه*** : این کنترلها به شرح زیر

- ***تغییر ارتفاع خط قراولروی :*** (مانند تعیین خطای کلیماسیون) عمل میشود چنانچه نتایج بدست آمده در حد قابل قبول باشد متوسط آنها را بعنوان اختلاف ارتفاع نقطه منظور میکنیم در غیر اینصورت با استقرار مجدد دستگاه عملیات را تکرار میکنیم.

- ***استفاده از شاخصهای دورو :*** شاخصهای با دو سیتم اندازه گیری در دو طرف

قرائت بر حسب میلیمتر = مقدار برحسب فوت * 8.304

قرائت بر حسب متر = مقدار بر حسب میلیمتر * .00328

- ***استفاده از شاخصهای مضاعف :*** شاخصهای با دو ردیف اندازه گیری
- ***قرائت سه تار رتیکول (ترازیابی دقیق):***

$$U - M = M - L$$

U ***قرائت تا بالا***

M ***قرائت تار وسط***

L ***قرائت تارپایین***

در اینصورت علاوه بر کنترل قرائتها با محاسبه میانگین سه قرائت میتوان در تعیین قرائت تار وسط دقت بیشتری را بکار برد

علاوه بر این میتوان در هر ایستگاه فاصله ترازیاب تا ایستگاه شاخص را بکمک رابطه زیر تعیین کرد

$$D = (U - L) * 100$$

و ازین روش با تعیین فاصله دهانه های عقب وجلو تعادلی ایجاد کرد تا اثر خطای کویت وانکسار و کلیماسیون خنثی شود.

- ***کنترل در پایان کار:*** این کنترلها به شرح زیر

- ***روش رفت و برگشت:*** چنانچه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B مورد نظر باشد میتوانیکبار از A به طرف B ترازیابی کردو سپس از B به طرف A . چون در دوحالت رفت وبرگشت از ایستگاههای متفاوت برای استقرار دستگاهو شاخص استفاده میشود دو اختلاف ارتفاع متفاوت برای A وB بدست میاید که میتوان آنهارا با هم مقایسه کرد. تفاضل دو مقدار اخیر را خطای بست ترازیابی میگویند. علت خطای بست وجود خطاهای دستگاهی و عملیاتی در جریان کار است.

$$f = (\sum BS_2 - \sum FS_2) - (\sum FS_1 - \sum BS_1)$$

خطای بست ترازیابی:

چنانکه خطای حاصل از حد قابل قبول (خطای بست مجاز) بیشتر نباشد ترازیابی صحیح بوده و میانگین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه در محاسبات داخل میشود (ویا خطای محاسبه شده سرشکن میشود) ودرغیر اینصورت عملیات باید تکرار شود.

- ***روش ترازیابی بین دو نقطه معلوم:*** چنانچه هدف تعیین اختلاف ارتفاع بین چند نقطه باشد که بین دو بنچ مارک P وQ با ارتفاع معلوم قرار گرفته اند میتوان کار ترازیابی را از نقطه معلوم P آغاز و به نقطه معلوم Q ختم کرددر این صورت بین دو نقطه P وq دو سری اختلاف ارتفاع بدست می اید (واقعی و محاسباتی) که تفاضل این دو مقدار خطای بست ترازیابی است. A مقدار اخیر را خطای بست ترازیابی میگویند. علت خطای بست وجود خطاهای دستگاهی و عملیاتی در جریان کار است.

اختلاف ارتفاع محاسباتی : $(\sum BS - \sum FS)$

اختلاف ارتفاع واقعی : $H_Q - H_P$

- ***روش ترازیابی بسته :*** از یک نقطه معلوم شروع و در پایان به همان نقطه ختم میشود . این روش حالت خاصی از روش قبل است.

- ***خطای بست مجاز:*** مقدار خطای بست مجاز به نوع درجه بندی ترازیابی بستگی دارد و مقادیر پیشنهادی آن در مراجع مختلف متغیر است:

❑ دیانت خواه :

$4.2\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی درجه یک
$8.4\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی درجه دو
$12\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی درجه سه
$15\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی درجه چهار

❑ شمس نوبخت:

$(2-3)\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی درجه یک و دو
$12\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی درجه سه
$25\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی با دقت معمولی
$100\sqrt{K}\,(mm)$	ترازیابی با دقت تقریبی

در روابط فوق k مجموع طول ترازیابی بر حسب کیلومتر است.

- ***روش تصحیح خطا:***

چنانچه خطای بست ترازیابی f از حد مجاز بیشتر نباشد آنرا به تعداد ایستگاه تقسیم میکنیم در اینصورت سهم هر ایستگاه از بابت تصحیح معلوم میشود مقدار تصحیح را به یکی از دو روش زیر میتوان وارد کرد:

1) به هریک از ΔH ها مقدار تصحیحی برابر $C = \frac{-f}{N}$ وارد شود (N تعداد کل ایستگاههاست).

2) به ارتفاع کلیه نقاط به غیر نقاطی که ارتفاع آنها معلوم است ، تصحیحی برابر $n*c$ وارد شود که در آن n شماره ایستگاه ترازیاب است .

مثال ۱) دقت کار ترازیاب توسط سازنده آن 0.15 میلیمتر اعلام شده است در صورتیکه شعاع تراز 25 متر باشد زاویه انحراف از افق (حساسیت) تراز چقدر خواهد بود؟

$$\varepsilon = \frac{d}{r} = \frac{0.15}{25000} = 6*10^{-6}(rad) = 1.24''$$

مثال ۲) در عملیات ترازیابی قرائت تار وسط شاخصی که به میزان یک درجه از حالت قائم منحرف شده برابر ۳۵۲۸ میباشد. میزان خطای قرائت را مشخص کنید؟

$$\overline{AB'} = 3528$$

$$i = 1^{\circ}$$

$$dh = \overline{AB'} - \overline{AB}$$

$$\overline{AB} = \overline{AB'} * Cos(i)$$

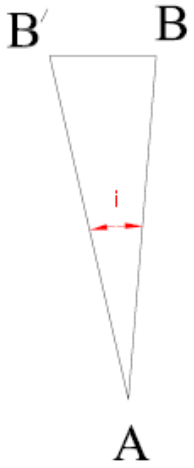
$$dh = \overline{AB'} - \overline{AB'} * Cos(i) = \overline{AB'} * (1 - Cos(i))$$

$$dh = \overline{AB'} * (2Sin^2(\frac{i}{2}))$$

$$dh = \overline{AB'} * (\frac{i^2}{2})$$

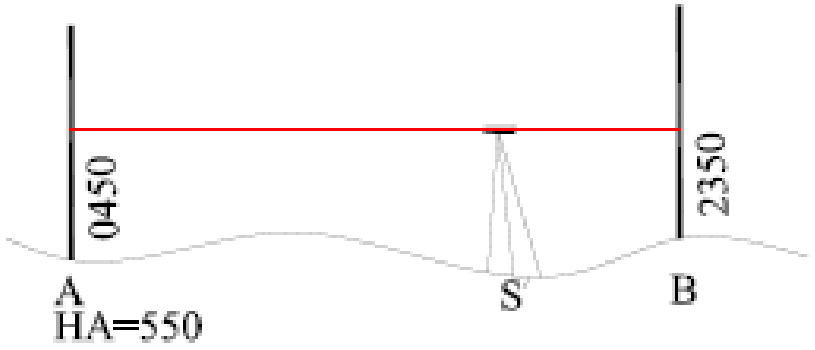
$$i = 1 * \frac{\pi}{180} = 0.017rad$$

$$dh = 3528 * \frac{0.017^2}{2} = 0.51mm$$



مثال ۳) مطابق شکل زیر بین دو نقطه A وB را ترازیابی کرده ایم در صورتیکه ارتاع نقطه A نسبت به سطح مبنا 550 متر باشد مطلوبست :

- محاسبه ارتفاع B
- محاسبه اختلاف ارتفاع A و B



$$H_A + B.S = H_B + F.S \Rightarrow H_B = H_A + (B.S - F.S)$$

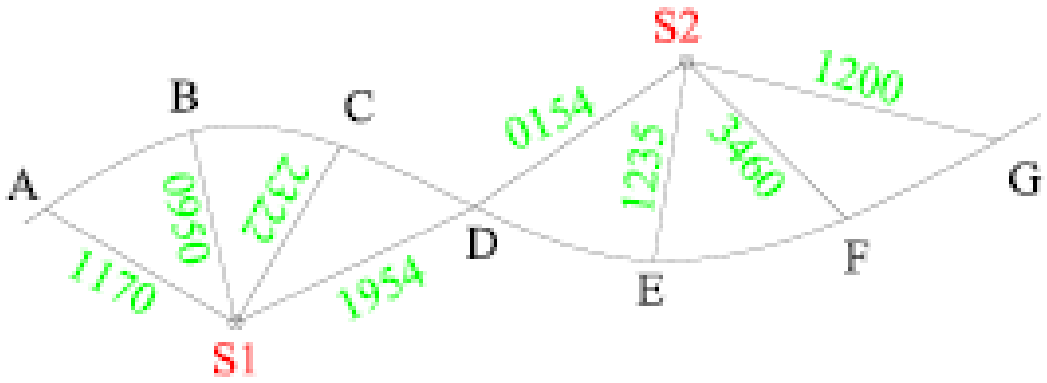
$$H_B = 550 + (0.450 - 2.350) = 548.10$$

$$\Delta H_{B/A} = H_B - H_A = B.S - F.S$$

$$\Delta H_{B/A} = 0.450 - 2.350 = -1.90m$$

$$\Delta H_{B/A} = 548.1 - 550 = -1.90m$$

مثال ۴) شکل زیر عملیات ترازیابی مربوط به یک پروه راهسازی میباشد در صورتیکه ارتفاع نقطه شروع ۱۰۰ متر باشد ارتفاع بقیه نقاط را محاسبه و جدول ترازیابی را تنظیم کنید؟ محاسبات انجام یا



$$H_G - H_A = \sum B.S - \sum F.S$$

$$98.17 - 100 = 1.324 - 3.154$$

$$-1.83m = -1.83m$$

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع نقاط
A	1170				100
B		0950		101.17	100.22
C		2322		101.17	98.848
D	0154		1954	101.17	99.216
E		1235		99.37	98.135
F		3460		99.37	95.91
G			1200	99.37	98.17

$$H_G - H_A = \sum B.S - \sum F.S$$

$$98.17 - 100 = 1.324 - 3.154$$

$$-1.83m = -1.83m$$

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	تصحیح	ارتفاع نقاط
A	2.697		+1.123		1650.000
B	3.176	1.574	+0.208	+0.002	1651.125
C	2.945	2.968	-0.797	+0.002	1651.335
D	0.732	3.742	-1.860	+0.002	1650.540
E	1.840	2.592	+0.083	+0.002	1648.682
F	3.290	1.757	+0.422	+0.002	1648.767
G	2.063	2.868	+0.686	+0.002	1649.191
H	1.159	1.377	+0.119	+0.002	1649.879
A		1.040		+0.002	1650.000

پایان

خسته نباشید